



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA  
UFPB – UFC**

**RAFAEL LOPES SOARES**

**UTILIZAÇÃO DE SILAGENS DE GRÃO DE MILHO REIDRATADO  
PARA CORDEIROS EM CONFINAMENTO**

**AREIA  
2022**

**RAFAEL LOPES SOARES**

**UTILIZAÇÃO DE SILAGENS DE GRÃO DE MILHO REIDRATADO  
PARA CORDEIROS EM CONFINAMENTO.**

Tese apresentada à Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Doutor.

Área de concentração: Produção de Ruminantes.

**Comitê de orientação:**

Prof. Dra. Juliana Silva de Oliveira – Orientadora principal

Prof. Dr. Edson Mauro Santos

Prof. Dr. Gherman Garcia Leal de Araújo

**AREIA  
2022**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S676u Soares, Rafael Lopes.

Utilização de silagens de grão de milho reidratado para cordeiros em confinamento / Rafael Lopes Soares. - Areia:UFPB/CCA, 2022.

73 f. : il.

Orientação: Juliana Silva de Oliveira.

Coorientação: Edson Mauro Santos, Gherman Garcia Leal de Araújo.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCA-Areia.

1. Zootecnia. 2. Amido. 3. Palma forrageira. 4. Produção animal. I. Oliveira, Juliana Silva de. II. Santos, Edson Mauro. III. Araújo, Gherman Garcia Leal de. IV. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 636(043.2)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA  
UFPB – UFC**

**PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE TESE**

**TÍTULO: “UTILIZAÇÃO DE SILAGENS DE GRÃO DE MILHO REIDRATADO  
PARA CORDEIROS EM CONFINAMENTO”**

**AUTOR: RAFAEL LOPES SOARES**

**ORIENTADORA: Profa. Dra. Juliana Silva de Oliveira**

**J U L G A M E N T O**

**CONCEITO: APROVADO**

**EXAMINADORES:**

Profa. Dra. Juliana Silva de Oliveira  
Presidente  
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Profa. Dra. Carla Aparecida Soares Saraiva  
Examinador  
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto  
Examinador  
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Prof. Dr. Henrique Nunes Parente  
Examinador  
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Profa. Dra. Michelle de Oliveira Maia Parente  
Examinadora  
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Areia, 03 de março de 2022

## **Ciência da vida**

Vida e ciência andam juntas  
Aarradas por um mesmo laço,  
E a união desse abraço  
Vai formando todas as perguntas.

Será que a ciência revela  
Tudo o que a vida inventa?  
Ou talvez a vida é quem tenta  
Saber o que a ciência vela.

E nessa valsa vamos seguindo,  
Nas hipóteses vamos fluindo  
Em busca desse nosso aprender.

Mas é sempre bom a gente lembrar  
Da vida acadêmica pausar,  
Pois a maior ciência é viver !

- Rafael Lopes

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ser presente em todos os momentos, até mesmo quando eu achava que não merecia. Em ti espero e confio.

Agradeço à minha família, ao meu pai, Luis Soares de Siqueira e a minha mãe, Marluce Lopes Nunes de Siqueira, por me promoverem amor incondicional. Dentro de casa tenho dois exemplos de vida e determinação, em cada dificuldade me espelho em vocês como provas de perseverança. Agradeço também ao meu irmão, Luis Ricardo Lopes Soares pela lealdade.

À Universidade Federal da Paraíba, ao Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela realização do doutorado, me dando a chance de crescer profissionalmente.

A minha orientadora, Juliana Silva de Oliveira, por me dar a oportunidade de trabalhar em sua equipe, sendo um exemplo profissional para mim e uma mentora. Agradeço ao Grupo de Estudos em Forragicultura e cada componente que tive a oportunidade de conhecer, obrigado por fornecerem muitos ensinamentos durante esse período e por toda a parceria de sempre.

Gostaria de agradecer aos amigos que fiz durante o experimento, Patrício, José Marcos e família, Dona Silvana e família e Dona Ângela e família. Pessoas surpreendentes que me acolheram de uma forma muito bonita, essa experiência de vida irei levar adiante comigo.

Essa jornada de pós-graduação é árdua. Somos submetidos a muitos desafios, a vida não para mas os prazos continuam. A batalha das lutas externas nos cansa, a batalha contra nossas lutas internas nos derruba. Mas apesar de tudo, quando olhamos para trás é possível enxergar que vale a pena. Vale a pena ser cientista, vale a pena lutar por algo que se acredita, vale a pena insistir no objetivo. Nada disso seria possível sem a amizade de pessoas essenciais no nosso caminho.

Agradeço a Ellen Carolyne Teixeira do Nascimento por tanto e por tudo, você foi uma pessoa que me acompanhou em todo o processo desde o mestrado até o final doutorado. Serei eternamente grato pelo companheirismo e sempre estarei torcendo pelo seu sucesso.

Como papel de síndico, gostaria de agradecer a todos que fizeram e fazem parte da Pink House, sejam como moradores ou agregados, obrigado por fazerem parte da república que fecha meu ciclo em Areia: Kika, Hactus, Venucia, Liliane, Borba, Nicole, Mikaelle e Arthur.

Gostaria de agradecer as pessoas que considero como meus grandes amigos, já compartilhamos tantas histórias juntos que nem sei como seria essa jornada sem vocês: Anderson, Beel, Ednelma, Evandra, Gustavo, Felipe, Higo, Italo e Vinicius.

***Meu muito obrigado!***

## **UTILIZAÇÃO DE SILAGENS DE GRÃO DE MILHO REIDRATADO PARA CORDEIROS EM CONFINAMENTO**

O milho está entre os cereais mais produzidos no mundo, a disponibilidade do amido desse grão para a digestão animal é limitada por diversos fatores, dentre eles a vitreosidade, que se caracteriza como um arranjo das proteínas de reserva do milho protegendo os grânulos de amido e indisponibilizando-os para o metabolismo animal. Visando sanar essa característica nutricional, a adoção da silagem de grão reidratado com água se torna uma ferramenta nutricional para diminuir seu teor vítreo. Dentre os estudos realizados, existem bons resultados de conservação desses grãos na forma de silagens e avanços satisfatórios da inclusão dessas silagens sobre o desempenho animal. Estudos comprovaram que a silagem de grãos de milho reidratado apresentara baixa perda de matéria seca, baixa proteólise e boa estabilidade aeróbia. Sua utilização na dieta de ruminantes promoveu maior consumo de MS, PB e CNF, com taxas consideráveis de digestibilidade de nutrientes, além do aumento da digestibilidade do amido, MS e PB. Apesar desses estudos, existem resultados não satisfatórios como problemas fermentativos e redução na concentração de ácido láctico nas silagens. No metabolismo animal, alguns estudos apontam menores consumos e digestibilidade de nutrientes. Outros parâmetros das características fermentativas dessas silagens ainda não foram elucidados, assim como sua utilização na nutrição de cordeiros. A adição de aditivos que visem melhorar seus parâmetros fermentativos, deve ser utilizada a fim de promover melhor qualidade dessas silagens. Diante disso, objetivou-se avaliar o perfil fermentativo, composição química e estabilidade aeróbia de silagens de grão de milho reidratado com água ou palma forrageira, assim como avaliar o desempenho animal e os parâmetros fisiológicos de cordeiros em confinamento alimentados com essas silagens. A utilização de palma forrageira como fonte de hidratação na ensilagem de grão de milho reidratado é uma alternativa viável, tendo em vista que promoveu melhores resultados para perfil fermentativo e estabilidade aeróbia do que quando reidratada com água. Na nutrição de cordeiros, apresentou melhores parâmetros de desempenho animal.

Palavras-chave: amido, concentrado, palma forrageira, produção animal, vitreosidade.

## **USE OF REHYDRATED CORN GRAIN SILAGES FOR CONFINEMENT LAMBS**

Corn is among the most produced cereals in the world, the availability of starch from this grain for animal digestion is limited by several factors, including vitreousness, which is characterized as an arrangement of corn reserve proteins protecting the starch granules and making them unavailable for animal metabolism. In order to remedy this nutritional characteristic, the adoption of grain silage rehydrated with water becomes a nutritional tool to reduce its vitreous content. Among the studies carried out, there are good results for the conservation of these grains in the form of silages and satisfactory advances in the inclusion of these silages on animal performance. Studies have shown that rehydrated corn grain silage had low dry matter loss, low proteolysis and good aerobic stability. Its use in the ruminant diet promoted greater consumption of DM, CP and NFC, with considerable rates of nutrient digestibility, in addition to increased starch, DM and CP digestibility. Despite these studies, there are unsatisfactory results such as fermentation problems and reduction in lactic acid concentration in silages. In animal metabolism, some studies point to lower consumption and digestibility of nutrients. Other parameters of the fermentative characteristics of these silages have not yet been elucidated, as well as their use in lamb nutrition. The addition of additives that aim to improve their fermentation parameters should be used in order to promote better quality of these silages. Therefore, the objective was to evaluate the fermentative profile, chemical composition and aerobic stability of corn grain silages rehydrated with water or forage cactus, as well as to evaluate the animal performance and physiological parameters of lambs in feedlot fed with these silages. The use of forage cactus as a source of hydration in rehydrated corn grain silage is a viable alternative, considering that it promoted better results for fermentative profile and aerobic stability than when rehydrated with water. In the nutrition of lambs, it presented better parameters of animal performance.

**Keywords:** starch, concentrate, forage cactus, animal production, vitreousness.

## LISTA DE TABELAS E FIGURAS

### CAPÍTULO I

**Figura 1-** Anatomia do grão de milho e suas partes.....15

**Figura 2-** grânulos de amido em diferentes endospermas de grãos de milho.....17

### CAPÍTULO II

**Tabela 1-** Composição bromatológica do grão de milho moído e palma forrageira.....34

**Tabela 2-** Composição química das silagens com base na matéria seca (MS).....34

**Tabela 3-** Características fermentativas de silagens de grãos de milho reidratado, dia 0.....34

**Tabela 4.** Características fermentativas de silagens de grãos de milho reidratado.....37

**Tabela 5-** Composição bromatológica de silagens de grãos de milho reidratado.....40

**Tabela 6-** Estabilidade aeróbia de silagens de grão de milho reidratado com água ou palma forrageira.....41

### CAPÍTULO III

**Tabela 1-** Composição nutricional dos ingredientes das dietas experimentais com base na matéria seca.....57

**Tabela 2-** Proporção dos ingredientes e composição das dietas experimentais com base na matéria seca (MS).....58

**Tabela 3** Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes de cordeiros alimentados com dietas contendo silagens de grão de milho reidratado.....62

**Tabela 4-** Desempenho de cordeiros alimentados com silagem de grão de milho reidratado.....63

**Tabela 5** Balanço de nitrogênio de cordeiros alimentados com dietas contendo silagens de grão de milho reidratado.....64

**Tabela 6** - Parâmetros ruminais e metabólitos plasmáticos de cordeiros alimentados silagens de grão de milho reidratado.....64

## LISTA DE ABREVIATURAS

BAL	bactérias ácido láticas;
BN	balanço de nitrogênio;
CHOT	carboidratos totais;
CMPV%	consumo de matéria seca por porcentagem de peso vivo.
CMSPM	consumo de matéria seca por peso metabólico;
CNF	carboidratos não fibrosos;
EE	extrato etéreo;
FD <sub>Acp</sub>	fibra insolúvel em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína;
FD <sub>Ncp</sub>	fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína;
MA	silagem de grão de milho reidratado com água;
ML	mofos e leveduras;
MM	matéria mineral;
MM	milho grão seco moído;
MO	matéria orgânica;
MP	reidratado com palma forrageira;
MRS	Man, Rogosa e Sharpe;
MS	matéria seca;
NDT	nutrientes digestíveis totais;;
NH <sub>3</sub> /NT MS	nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total na matéria seca;
N-NH <sub>3</sub>	nitrogênio amoniacal;
PB	proteína bruta;
UFC	unidades formadoras de colônias

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	14
2.4 Silagem de grão de milho reidratado .....	17
2.5 Perfil fermentativo de silagens de grão de milho reidratado .....	18
2.6 Palma forrageira como aditivo na silagem de grão de milho reidratado .....	19
2.7 Silagens de grão reidratado e efeito sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes	20
Capítulo II Perfil fermentativo, estabilidade e composição química de silagens de grão de milho reidratado com palma forrageira .....	29
1. INTRODUÇÃO.....	31
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
2.1 Considerações locais de execução do experimento .....	32
2.2 Ensilagem e análises de qualidade da silagens de grão de milho reidratado .....	32
2.3 Avaliações de pH e populações microbianas.....	35
2.4 Avaliação da estabilidade aeróbia.....	35
2.5 Análise de composição química .....	36
2.6 Análise estatística .....	36
3. RESULTADOS .....	36
4. DISCUSSÃO.....	41
5. CONCLUSÃO.....	45
5. REFERENCIAL TEÓRICO .....	46
Capítulo III Silagem de grão de milho reidratado na alimentação de cordeiros em confinamento .....	51
1. INTRODUÇÃO .....	54
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	56
2.1 Local e período experimental.....	56
2.2 Animais, dietas e manejo .....	56
2.3 Coleta de dados e análises laboratoriais .....	58
2.4 Determinação dos parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio .....	60
2.5 Avaliação do desempenho animal .....	60
2.6 Análise estatística .....	60
3. RESULTADOS.....	61
4. DISCUSSÃO.....	65
5. CONCLUSÃO .....	68
6. REFERENCIAL TEÓRICO .....	69

## **Capítulo I**

---

### **Utilização de silagens de grão de milho reidratado para cordeiros em confinamento**

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O milho é o concentrado energético mais utilizado na dieta de ruminantes (PINTO e MILLEN, 2018). Porém, quanto maior o tamanho de partícula do grão de milho, menor será a digestibilidade do amido no trato digestivo de ruminantes (HOFFMAN e SHAVER 2009). Outro fator determinante na digestibilidade do milho é a sua vitriosidade, que afeta negativamente a sua degradação do amido por enzimas, diminuindo também a digestibilidade do milho. No Brasil, a maioria dos cultivares de milho plantados e conseqüentemente utilizados na alimentação animal são cultivares vítreos (Philippeau et al., 2000; Hoffman e Shaver, 2009). Uma alternativa, que pode melhorar o valor nutritivo desses cultivares de milho, é a adoção da silagem de grão de milho reidratado, diminuindo seu teor vítreo, além de permitir que o produtor programe a produção, reduzindo custos com armazenamento em silos comerciais (Benton et al., 2005; Pereira et al., 2013).

Algumas pesquisas (KUNG Jr, 2007; CARVALHO et al., 2017; ARCARI et al., 2016; FERRARETO et al., 2016) têm sido realizadas para analisar o perfil fermentativo de silagens de grãos de milho reidratados com água e observaram um bom perfil fermentativo, assim como boa estabilidade aeróbia. Apesar desses resultados satisfatórios, alguns autores (Kung et al. 2007; Rezende et al., 2014) encontraram perdas fermentativas consideráveis e baixa estabilidade aeróbia que pode estar relacionada com a atividade de água dentro do silo.

Assim, uma ferramenta que pode ser utilizada concomitante a ensilagem, é a adição de aditivos que visem melhorar as características fermentativas do grão de milho. A palma forrageira, por apresentar alto teor de umidade, pode ser uma fonte de reidratação para a silagem de grãos (COSTA et al., 2017). Estudos mostram que através da formação da mucilagem, a palma desencadeia uma fermentação heterolática, suficiente para inibir o desenvolvimento de microrganismos deterioradores no silo (MOKOBOKI ET AL., 2016; TOIT ET AL., 2018; PEREIRA ET AL., 2021).

Trabalhos avaliando a adição de aditivos em silagens de grão de milho reidratado, assim como utilização dessas silagens na alimentação de pequenos ruminantes são escassos. Diante disto, o objetivou-se com este trabalho, avaliar as características da silagem de grãos de milho reidratado e seu reflexo na nutrição de cordeiros em confinamento .

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Milho na alimentação de ruminantes

Dentre os alimentos utilizados na nutrição de ruminantes, o milho (*Zea mays*) é o concentrado energético utilizado em maior escala, para ruminantes leiteiros e de engorda, devido ao melhor desempenho produtivo do rebanho e ser de fácil implementação nas propriedades rurais, sendo sua utilização em confinamentos bastante utilizada. (BERNARDES e DO RÊGO, 2014; LENGOWSKI, 2016 ; PINTO e MILLEN, 2018).

Baseadas nas características do grão, existem cinco classes ou tipos de milho: dentado, duro, farináceo, pipoca e doce. A principal diferença entre esses cultivares está na estrutura do endosperma e tamanho do gérmen. A maioria do milho comercial produzido nacionalmente é do tipo duro (PAES., 2006). Em relação ao melhoramento genético, foi realizado um levantamento dos cultivares disponíveis no mercado, do total de 315 cultivares no mercado brasileiro, 214 são transgênicos, melhorados em sua maioria para controle de pragas (PEREIRA FILHO e BORGHI., 2016).

Tendo em vista a importância do aprimoramento das dietas, o desafio se encontra em obter um bom desempenho animal com a utilização de diferentes tipos de grãos, cultivares e períodos de colheita (CORREA et al., 2002). O conhecimento dos grãos utilizados se torna uma ferramenta nutricional essencial para a formulação de rações para os animais.

### 2.2 Estrutura anatômica e composição química dos grãos

A estrutura do grão é importante, considerando que a estrutura pode alterar de acordo com os tipos de híbridos, assim como suas características químicas e físicas, influenciando no seu valor nutricional (SODERLUND e OWENS, 2006) e conseqüentemente, no desempenho animal.

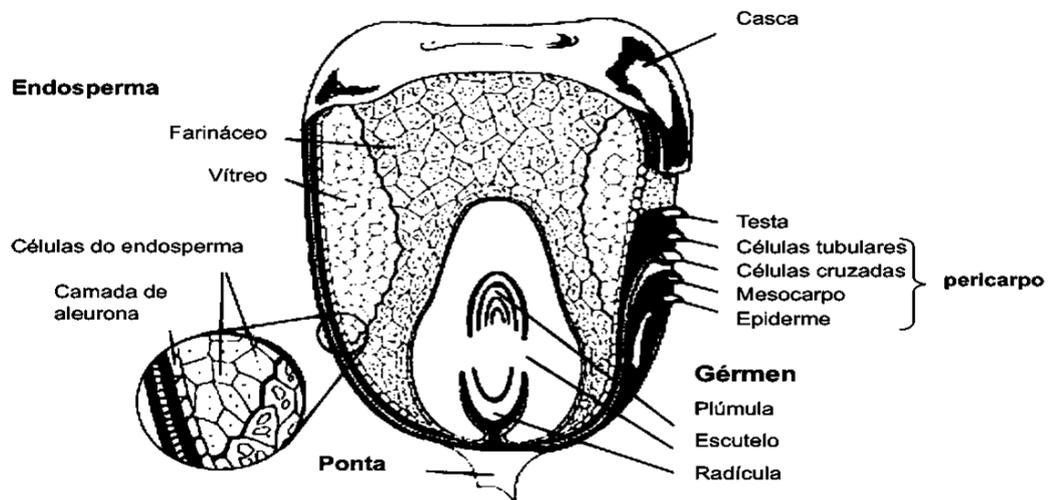
O grão do milho pode ser dividido em quatro estruturas principais: pericarpo, gérmen, endosperma e ponta que. O pericarpo, o gérmen e o endosperma representam 6%, 12% e 82% do peso do grão, respectivamente. O pericarpo é a membrana externa, com alto teor de fibra. O gérmen é a estrutura germinativa, contém proteínas e lipídeos, com baixo teor de amido. No endosperma há a presença de proteínas de reserva e a maior parte de amido (PAES et al., 2006).

O amido é um polissacarídeo formado por tipos de organizações moleculares de glicose: a amilose, constituída por unidades de glicose com ligações tipo  $\alpha$ -1,4 e a amilopectina, contituída por uma cadeia linear de glicose  $\alpha$ -1,4 com pontos de ramificação  $\alpha$ -1,6. Dentro do

endosperma, o amido está organizado na forma de grânulos nos quais a amilose e amilopectina estão dispostas mantidas por pontes de hidrogênio (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

As proteínas do grão de milho são localizadas no gérmen e endosperma, diferentes tipos de proteínas são encontradas nessas estruturas, albuminas, globulinas e gluteínas são proteínas encontradas no gérmen, prolaminas são encontradas no endosperma (ANDERSON E LAMSAL, 2011).

O conhecimento dos componentes estruturais do grão possui importância nutricional, já que esses componentes podem mudar suas frações nos diferentes tipos de híbridos, além de influenciar a textura do grão e sua digestibilidade. (DOMBRINK-KURTZMAN e BIETZ, 1993; BICUDO et al., 2006; SEIFRIED et al., 2016). A anatomia do grão de milho pode ser visualizada a seguir:



**Fig. 1** Anatomia do grão de milho e suas partes.

Fonte: Pereira (2013); adaptado de Britannica (2006).

### 2.3 Textura do grão de milho

A forma que o amido está organizado, determina a textura do endosperma. Em um estudo sobre a relação entre estrutura e textura do grão de milho, Pereira et al. (2008), observaram que a maior resistência física do grão está relacionada com uma melhor organização dos grânulos de amido no endosperma, onde os espaços estão totalmente preenchidos. Nesses cultivares, os corpos proteicos envolvem os grãos do amido, promovendo maior aderência e rigidez ao grão.

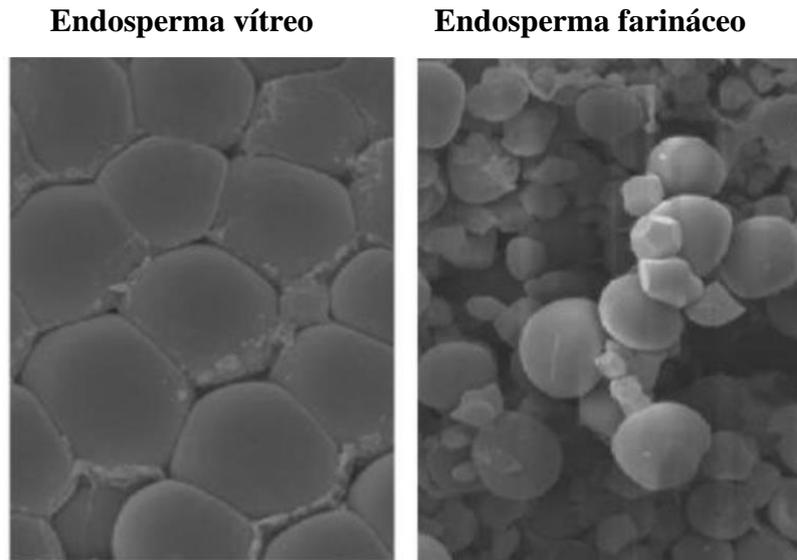
O endosperma desses grãos pode ter classificações como vítreo ou farináceo de acordo com sua textura. No endosperma vítreo, há a formação de uma matriz proteica contínua no endosperma, essa matriz proteica contínua impede a passagem da luz, conferindo um aspecto translúcido. Já o endosperma farináceo, que não possui uma matriz proteica contínua, permite a passagem da luz (SHULL et al., 1990). Essa matriz proteica é formada pelas prolaminas.

As prolaminas possuem nomes específicos de acordo com o cereal: trigo (gliadina), cevada (hordeína), aveia (avenina). No milho, essas proteínas são denominadas de zeínas e compreendem em torno de 30 a 60% da proteína total do grão de milho, e estão localizadas principalmente no exterior dos grânulos de amido (CHIQUITO ALMANZA, 2011; HOFFMAN e SHAVER 2020).

Nos grãos de milho, as prolaminas responsáveis por formar a matriz proteica que envolve os grânulos de amido, podem ser classificadas ainda de acordo com o seu peso molecular e composição, como  $\alpha$ -zeínas,  $\beta$ -zeínas, zeínas e  $\delta$ -zeínas, havendo uma leve diferença no peso molecular entre seus tipos (NUNES et al., 2005; J. ANDERSON e LAMSAL, 2011)

A proporção dos tipos de proteínas presentes nos diferentes endospermas, exercem influência na textura do grão. De modo que as prolaminas estão presentes em maior quantidade em grãos com endosperma vítreo do que em grãos com endosperma farináceo. Valores de prolaminas acima de 10% indicam alto teor vítreo, enquanto que abaixo de 2% indicam baixo teor vítreo do grão (BICUDO et al., 2006; DOMBRINK KURTZMAN e BIETZ, 1993; HOFFMAN e SHAVER 2020).

No endosperma vítreo, a forma como os grânulos de amido estão envolvidos pela matriz proteica é de uma maneira mais organizada, diferente do endosperma farináceo, onde estão mais dispersos. Na figura 2 podemos observar esta variação.



**Figura. 2-** grânulos de amido em diferentes endospermas de grãos de milho. Fonte: Pereira (2013).

Dentre os cultivares de milho disponibilizados no mercado brasileiro, há a predominância de cultivares com endosperma vítreo e um baixo cultivo de plantas com endosperma farináceo (CORREA et al., 2002). Tais fatores desses grãos podem estar relacionados com a nutrição de ruminantes, influenciando a digestibilidade desses alimentos.

#### **2.4 Silagem de grão de milho reidratado**

A inclusão de concentrados energéticos como o milho em dietas para ruminantes, tem como objetivo aumentar a densidade energética das rações, garantindo maior desempenho animal, visto que as forragens sofrem variações em seu teor energético durante o ano.

Os fatores que determinam a digestibilidade do grão são: tamanho de partícula, teor de umidade e teor de vitreosidade, quanto maior o tamanho de partícula do grão, há redução em sua digestibilidade do amido no trato digestivo, comparando os grãos com endosperma vítreos e farináceos, a combinação de maior tamanho de partícula com o grão vítreo, diminui ainda mais a digestibilidade do amido do grão (HOFFMAN e SHAVER, 2009; CHIQUITO ALMANZA et al., 2011; FERREIRA et al., 2020).

Outros fatores como problemas com armazenamento de grãos pode influenciar negativamente a qualidade do produto, sendo uma realidade das propriedades nos tempos atuais, que não possuem estrutura física adequada como silos comerciais (SILVA et al., 2018; MOMBACH et al., 2019).

Segundo Soderlund e Owens (2006) várias técnicas de processamento do grão podem ser utilizadas para aumentar a disponibilidade de amido para a digestão animal, como moagem, peletização, floculação, extrusão e ensilagem de grãos com alta umidade.

Uma alternativa para sanar problemas da digestibilidade do amido do grão é o processo de ensilagem do grão de milho reidratado. O processo consiste em adicionar água ao grão moído seco, até atingir uma umidade adequada, após esse processo, o material deve ser ensilado em condições anaeróbicas (PEREIRA et al., 2013; FERREIRA et al., 2020).

Esse tipo de silagem também exige planejamento e cuidados assim como as outras silagens comumente feitas. É importante dimensionar o silo de forma adequada assim como prestar atenção nos processos de moagem do grão, compactação e fechamento do silo (CARVALHO et al., 2017; MOMBACH et al., 2019).

Através do processo de reidratação e ensilagem do grão, a digestibilidade do amido pode ser aumentada na silagem de grão de milho reidratado, devido ao processo de ensilagem realizar a quebra da matriz proteica que reveste o amido, ou seja, as ligações de prolaminas zeínas do grão com os grãos de amido (HOFFMAN et al., 2011).

A quebra da matriz proteica pode ser explicada por dois processos, através da solubilização da prolamina pelos ácidos advindos do processo fermentativo, como o ácido láctico e ácido acético, ou pela degradação enzimática através das enzimas da planta e das proteases dos microrganismos (VIERSTRA, 1996; LAWTON, 2002).

## **2.5 Perfil fermentativo de silagens de grão de milho reidratado**

Em um estudo sobre o perfil de fermentação de silagens de grão de milho reidratado, Carvalho et al. (2017), observaram uma baixa perda de matéria seca durante o processo de fermentação, assim como também definiu uma fermentação com maior presença de bactérias ácido lácticas, indicando que com o decorrer do tempo do milho ensilado, houve maior digestibilidade da MS da silagem e menor concentração de mofo.

Em um estudo sobre o tempo de ensilagem do grão de milho reidratado, Arcari et al. (2016), encontram bom percentual de recuperação de matéria seca, indicando que a silagem possui uma boa fermentação e menor deterioração de matéria seca. Esses autores verificaram que houve baixa proteólise, também, indicando que não houve grandes perdas de proteína do milho. A proteólise é desejável, visto que reduzirá os teores de prolaminas do milho.

A utilização de inoculante microbiano *L. Buchneri* em silagens de grão milho reidratado foi retratada por Kung Jr, (2007), onde a inoculação com essas culturas bacterianas

foi eficaz, melhorando a estabilidade aeróbia da silagem e aumentando as concentrações de ácido acético e propiônico, que são compostos antifúngicos.

Ferrareto et al. (2016) ao avaliar tempos de armazenamento da silagem, observaram maior produção de ácido orgânico e o declínio do pH com prolongado tempo de ensilagem. A concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) também foi maior após 120 dias de fermentação, sugerindo que estender o tempo de ensilagem é vantajoso para suas características qualitativas.

Apesar de resultados satisfatórios, estudos sobre a fermentação da silagem de grãos reidratados ainda são escassos, Rezende et al. (2014) observaram que silagens de grão de milho reidratado com água apresentaram problemas fermentativos, onde as silagens de grãos de milho reidratadas com água tiveram redução na concentração de ácido lático. Kung Jr et al. (2007) também observaram baixa estabilidade aeróbia de silagens de grãos de milho reidratado.

## **2.6 Palma forrageira como aditivo na silagem de grão de milho reidratado**

A região Nordeste é caracterizada por possuir altas temperaturas e concentração das chuvas durante alguns meses do ano, no qual se faz grande importância o planejamento forrageiro das propriedades, para que dessa forma haja promoção de condições adequadas para a alimentação animal. A palma forrageira se caracteriza como uma planta adaptada às condições climáticas da região, alto teor de água e apresenta bons índices produtivos.

Em sua composição, a palma forrageira além de possuir uma grande quantidade de água, que varia em torno de 88%, possui uma significativa quantidade de carboidratos não fibrosos, variando de 61,8 a 88% e 17,6% de fibrosos. Os carboidratos não fibrosos são componentes de rápida digestão no rúmen e alta palatabilidade, favorecendo a atividade microbiana, digestão e consequentemente elevação da ingestão de matéria seca. Vários autores verificaram que a utilização da palma na dieta de ovinos promove o melhor aproveitamento dos nutrientes por esses animais (BISPO et al., 2007; COSTA et al., 2017).

A utilização de palma forrageira na silagem de grão de milho reidratado se torna uma alternativa interessante que permite um melhor aproveitamento dos recursos alimentares da fazenda, permitindo uma mistura homogênea do concentrado energético e menor seleção animal, além de possuir características interessantes do ponto de vista nutricional.

Em um estudo sobre o valor nutritivo e a fermentação de silagens de palma forrageira, Mokoboki et al.(2016), encontraram alta concentração de ácido lático nas silagens, indicando

boa fermentação e conservação do material. Essa alta taxa de fermentação ácido láctica pode ser devido a presença de um hidrocoloide, denominado mucilagem, uma substância rica em carboidratos solúveis que ao serem expostos no interior do silo (em meio anaeróbio) são prontamente utilizados por grupos microbianos e principalmente por bactérias do ácido láctico (BAL).

A palma forrageira ainda possui compostos tamponantes, estes que evitam uma queda rápida do pH, fazendo com que o consumo de carboidratos solúveis seja de forma gradativa e não acentuada (CARVALHO et al., 2014; BASSO et al., 2014).

Em ensaios com animais, utilizando silagens com palma forrageira e leguminosas, Gusha et al., (2015) verificaram que a inclusão de palma forrageira nas silagens promoveu melhor metabolismo proteico animal, em que as silagens com palma forrageira aumentaram o fluxo de proteína microbiana e conseqüentemente, proporcionaram maior desempenho animal. Além de uma fonte de reidratação para a silagem de grãos, a palma possui menor atividade de água através da formação da mucilagem, que pode evitar perdas de matéria seca no silo, além disso, a palma fornece nutrientes como proteína, carboidratos e minerais. Estudos com o uso de palma forrageira em silagens mostram que, dentro do silo, há o desencadeamento de uma fermentação heteroláctica, suficiente para inibir o desenvolvimento de microrganismos deterioradores melhorando a conservação do material ensilado (MOKOBOKI et al., 2016; TOIT et al., 2018; PEREIRA et al., 2021).

## **2.7 Silagens de grão reidratado e efeito sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes**

Diversos autores vem trabalhando com silagens de grãos de milho reidratado com a finalidade de elucidar mecanismos de consumo e digestibilidade dos nutrientes destas silagens sobre o metabolismo de ruminantes.

A silagem de grão de milho reidratado para vacas em lactação promoveu maior consumo de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e carboidratos não fibrosos (CNF), havendo aumento da digestibilidade do amido, MS e PB. indicando que a solubilização da matriz de proteína de milho pode aumentar o acesso das bactérias ruminais nos grânulos de amido (ARCARI et al., 2016).

Resultados diferentes foram encontrados por Bráulio et al. (2019), trabalhando com machos de origem leiteira, os quais não observaram diferença no consumo de matéria seca nem aproveitamento das frações de MS e FDN. Já Godoi et al. (2021), observaram menores consumos e digestibilidade da MS e PB quando utilizaram silagem de grão de milho reidratado comparado com dietas contendo o grão seco e moído.

Sobre o metabolismo de cordeiros, através dos dados é possível observar que houve diferenças significativas entre os resultados encontrados pelos autores, Costa et al., (2017) relataram taxas consideráveis de consumo (797 g/Kg MN) e digestibilidade aparente de 81,4%, enquanto Bolson et al. (2020) observaram um consumo de 1083,21 g/Kg MN e uma digestibilidade de 731,49 g/Kg MN, respectivamente. Porém é importante observar que a inclusão da silagem de milho reidratado nos trabalhos não é semelhante entre os tratamentos, assim como a raça e manejo adotado.

Em um estudo sobre a influência do tipo de amido e endosperma sobre a degradação ruminal *in situ*, Ali et al. (2014) constaram que a estrutura e teor de amido e o tipo de endosperma, influenciam na degradação ruminal do amido. Onde milhos com endosperma vítreo resultaram em menor taxa de degradação.

Em híbridos com diferentes maturidades do grão, híbridos de milho dentado (endosperma farináceo) e semi duro (endosperma semi-vítreo) foi constatado que o maior estágio de maturidade do milho influencia em maior percentual de vitreosidade do grão, onde o aumento da vitreosidade reduz a digestibilidade ruminal do amido. (TRĚINÁCTÝ et al., 2016; MLYNEKOVÁ e ČEREŠŇÁKOVÁ., 2013).

Utilizando silagens de grãos de milho com teor de vitreosidade em torno de  $67\% \pm 3$ , Arcari et al. (2016) observaram que o maior tempo de armazenamento da silagem afetou todas as variáveis de degradabilidade do amido, onde a fração mais digestível aumentou sua digestibilidade com o tempo de armazenamento, ao mesmo tempo em que houve diminuição da fração de amido lentamente digestível.

Outros estudos como a utilização de enzimas amilolíticas em conjunto com a silagem de grão de milho reidratado, foi estudada por Oliveira et al. (2019), em que verificaram aumento no valor nutricional da silagem em MS, amido, PB e FDN, influenciando em maior consumo e digestibilidade de MS amido, PB e FDN.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, M., Van Duinkerken, G., Cone, J. W., Klop, A., Blok, M. C., Spek, J. W., Hendriks, W. H. Relationship between chemical composition and in situ rumen degradation characteristics of maize silages in dairy cows. **Animal**, v. 8, n. 11, p. 1832-1838, 2014.
- Anderson, T. J., e Lamsal, B. P. Zein extraction from corn, corn products, and coproducts and modifications for various applications: a review. **Cereal Chemistry**, v. 88, n. 2, p. 159-173, 2011.
- Arcari, M. A., Martins, C. M. D. M. R., Tomazi, T., & dos Santos, M. V. Effect of the ensiling time of hydrated ground corn on silage composition and in situ starch degradability. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 53, n. 1, p. 60-71, 2016.
- Basso, F. C., Adesogan, A. T., Lara, E. C., Rabelo, C. H. S., Berchielli, T. T., Teixeira, I. A. M. A., Siqueira, G. R., Reis, R. A. Effects of feeding corn silage inoculated with microbial additives on the ruminal fermentation, microbial protein yield, and growth performance of lambs. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 12, p. 5640-5650, 2014.
- Bernardes, T. F., & Do Rêgo, A. C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**, 97(3), 1852-1861. doi: 10.3168/jds.2013-7181.2014
- Bicudo, R. C., Bicudo, T. C., Forato, L. A., Colnago, L. A., Lanças, F. M. (2006). **Análise de zeínas  $\alpha$  do milho por LC-ESI-Q/TOF**. 2006.
- Bispo, s. V., Ferreira, m. D. A., Vêras, a. S. C., Batista, a. M. V., Pessoa, r. A. S., & bleuel, m. P Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1902-1909, 2007.
- Bolson, D. C., Pereira, D. H., dos Santos Pina, D., Xavier, I. M., Barbosa, P. L., e Pedreira, B. C., & Mombach, M. A. Corn silage rehydrated with crude glycerin in lambs' diets. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 6, p. 3307-3314, 2020.
- Bráulio, R. C, Mota, D. A., Oliveira, A. R., Pereira, A. A., do Carmo Araújo, S. A., Melo, T. V., ... & dos Reis Nogueira, M. A. Comportamento ingestivo de bovinos holandeses x

zebu alimentados com diferentes formas físicas do milho e uréia. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 11, p. 1-8, 2019.

Carvalho, B. F., Ávila, C. L. S., Bernardes, T. F., Pereira, M. N., Santos, C., & Schwan, R. F. Fermentation profile and identification of lactic acid bacteria and yeasts of rehydrated corn kernel silage. **Journal of applied microbiology**, v. 122, n. 3, p. 589-600, 2017.

Carvalho, B. F.; Ávila, C. L. S.; Pinto, J. C.; Neri, J.; Schwan, R. F. Microbiological and chemical profile of sugar cane silage fermentation inoculated with wild strains of lactic acid bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, 195, 1-13. 2014.

Chiquito Almanza, E., Cobielles-Castrejón, G., Montes-García, N., Pecina-Quintero, V., & Anaya-López, J. L. Elizabeth et al. Kafirinas, proteínas clave para conferir digestibilidad y calidad proteica al grano de sorgo. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 2, n. 2, p. 235-248, 2011.

Correa, C. E. S.; Shaver R. D.; Pereira; M. N. et al. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.11, p.3008-3012, 2002.

Costa, Douglas Rodrigues da. Uso de inoculante microbiano em silagem de grãos de milho e de sorgo reidratados para ovinos em crescimento. 2017.

Costa, R. G., Almeida, M. D., Cruz, G. R. B., Beltrão Filho, E. M., Ribeiro, N. L., Madruga, M. S., & Queiroga, R. D. C. R. The fatty acid profile of fat depots from Santa Inês sheep fed spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2017.

Dombrink-Kurtzman, M. A. e Bietz, J. A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.70, n. 1, p. 105-108, Mar. 1993.

Ferraretto, L. F., Fredin, S. M., Muck, R. E., & Shaver, R. D. Case Study: Microbial inoculant and ensiling time effects on fermentation profile, nitrogen fractions, and ruminal in vitro and in situ starch digestibility in corn shreddlage and late-maturity corn silage. **The Professional Animal Scientist**, v. 32, n. 6, p. 861-868, 2016.

Ferreira FA, Chizzotti ML, Zamudio GDR, Estrada MM, Pacheco MVC, Silva BC, Valadares-Filho SC, Rodrigues RTS. Beef quality of Nellore steers fed corn or sorghum grain offered dry or rehydrated and ensiled. **Rev Colomb Cienc Pecu**; 33(2). 2020.

Godoi, L. A., Silva, B. C., Silva, F. A. S., Pucetti, P., Pacheco, M. V. C., Souza, G. A. P., ... & Valadares Filho, S. C. Effect of flint corn processing methods on intake, digestion sites, rumen pH, and ruminal kinetics in finishing Nellore bulls. **Animal Feed Science and Technology**, v. 271, p. 114775, 2021.

Gusha, J.; Katsande, S.; Zvinorova, P. I.; Ncube, S. The nutritional composition and acceptability of cacti (*Opuntia ficus indica*)-legume mixed silage. **Online Journal of Animal and Feed Research**, 3, 2, 116-120, 2013.

Hoffman, P. C. e Shaver, R. D. Corn biochemistry: Factors related to starch digestibility in ruminants. In: **Dairy Health and Nutrition Conference, Cornell University, New York, NY**. 2009.

Hoffman, P. C., Esser, N. M., Shaver, R. D., Coblenz, W. K., Scott, M. P., Bodnar, A. L., ... & Charley, R. C Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of dairy science**, v. 94, n. 5, p. 2465-2474, 2011.

Hoffman, P. C.; Shaver, R. D. A guide to understanding prolamin. Disponível em <<http://litchlab.tripod.com/docs/ProlaminProteins.pdf>>. Acesso em 24 abril. 2020

Kung Jr, L., Schmidt, R. J., Ebling, T. E., & Hu, W. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of ground and whole high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 5, p. 2309-2314, 2007.

Lawton, John W. Zein: A history of processing and use. **Cereal Chemistry**, v. 79, n. 1, p. 1-18, 2002.

Lengowski, M. B., Witzig, M., Möhring, J., Seyfang, G. M., & Rodehutsord, M. Effects of corn silage and grass silage in ruminant rations on diurnal changes of microbial populations in the rumen of dairy cows. **Anaerobe**, v. 42, p. 6-16, 2016.

Macken, C. N., Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., & Stock, R. A. Effects of concentration

and composition of wet corn gluten feed in steam-flaked corn-based finishing diets. **Journal of animal science**, v. 82, n. 9, p. 2718-2723, 2004.

Mlyneková, Z.; Čerešňáková, Z. Degradation of starch and crude protein in dent and dent x flint maize hybrids in different stages of maturity. Slovak **Journal of Animal Science**, v. 46, n. 2, p. 61-67, 2013.

Mokoboki, K., Sebola, N., & Matlabe, G. Effects of molasses levels and growing conditions on nutritive value and fermentation quality of *Opuntia cladodes* silage. **Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 28, n. 3, p. 4488-4495, 2016.

Mombach, Mircéia Angele et al. Silage of rehydrated corn grain. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, p. 959-966, 2019.

Nunes, A., Correia, I., Barros, A., & Delgadillo, I. Characterization of kafirin and zein oligomers by preparative sodium dodecyl sulfate– polyacrylamide gel electrophoresis. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 53, n. 3, p. 639-643, 2005.

Oliveira, E. R., Takiya, C. S., Del Valle, T. A., Rennó, F. P., Goes, R. H. T., Leite, R. S., Gandra, J. R. Effects of exogenous amylolytic enzymes on fermentation, nutritive value, and in vivo digestibility of rehydrated corn silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 251, p. 86-95, 2019.

Paes, M. C. D Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006.

Pereira Filho, I. A., & Borghi, E. Mercado de sementes de milho no Brasil: safra 2016/2017. **Embrapa Milho e Sorgo-Documentos (INFOTECA-E)**, 2016.

Pereira, G. A., Santos, E. M., de Oliveira, J. S., de Araújo, G. G. L., de Sá Paulino, R., Perazzo, A. F., Leite, G. M. Intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, and microbial protein synthesis in sheep fed spineless-cactus silage and fresh spineless cactus. **Small Ruminant Research**, v. 194, p. 106293, 2021.

Pereira, M. N. Dureza do grão de milho: um tópico brasileiro. In: III Simpósio Internacional em Formulação de Dietas para Gado Leiteiro. **Anais...** Universidade Federal de Lavras. p.2-11, 2013

- Pereira, R. C., Davide, L. C., Pedrozo, C. A., Carneiro, N. P., Souza, I. R. P., & Paiva, E. Relationship between structural and biochemical characteristics and texture of corn grains. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008.
- Pinto, A. C., & Millen, D. D. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. **Canadian Journal of Animal Science**, 99(2), 392-407. doi: 10.1139/cjas-2018-0031.2018.
- Rezende, A. V., Rabelo, C. H., Veiga, R. M., Andrade, L. P., Härter, C. J., Rabelo, F. H., Reis, R. A. Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 213-221, 2014.
- Rooney, L. W. e Pflugfelder, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1607-1623, 1986.
- Seifried, N., Steingäß, H., Schipprack, W., & Rodehutsord, M. Variation in ruminal in situ degradation of crude protein and starch from maize grains compared to in vitro gas production kinetics and physical and chemical characteristics. **Archives of animal nutrition**, v. 70, n. 5, p. 333-349, 2016.
- Shull, J. M., Chandrashekar, A., Kirleis, A. W., & Ejeta, G. Development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) endosperm in varieties of varying hardness. **Food Structure**, v. 9, n. 3, p. 8, 1990.
- Silva, T. D., Vieira, R. Í. M., Ferreira, J. C., Barbosa, I. T., Dias, T., Dijkstra, D., ... & Abrão, F. O. Influência do processamento de grãos sobre o desempenho de ruminantes e a população microbiana do rúmen/Influence of grain processing on the performance of ruminants and the microbial population of the rumen. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 53-60, 2018.
- Soderlund, Steve e Owens, Fred. Corn hybrid by processing method considerations. In: **Cattle Grain Processing Symposium, Oklahoma State University. Available at: [http://beefextension.com/proceedings/cattle\\_grains06/06-9.pdf](http://beefextension.com/proceedings/cattle_grains06/06-9.pdf)**. p. 62-72. 2006.
- Toit, A.D., Wit, M., Hugo, A. 2018. Cultivar and harvest month influence the nutrient content of *Opuntia* spp. cactus pear cladode mucilage extracts. **Molecules**. 23, 916.

Třináctý, J., Nedělník, J., Lang, J., Loučka, R., e Kučera, J. Effect of maize kernel endosperm type and maturity stage on ruminal in situ degradability and post-ruminal in vitro dry matter and starch digestibility. **Czech Journal of Animal Science**, v. 61, n. 8, p. 351-359, 2016.

Vierstra, Richard D. Proteolysis in plants: mechanisms and functions. **Post-Transcriptional Control of Gene Expression in Plants**, p. 275-302, 1996.

## **Capítulo II**

---

**Perfil fermentativo, estabilidade aeróbia e composição química de silagens de grão de milho reidratado com palma forrageira**

## **Perfil fermentativo, estabilidade e composição química de silagens de grão de milho reidratado com palma forrageira**

### **RESUMO**

Objetivou-se avaliar o perfil fermentativo, a composição química e a estabilidade aeróbia de silagens de grão de milho reidratado com água ou palma forrageira. O experimento foi realizado no Laboratório de Forragicultura pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Foram utilizados dois tratamentos: silagem de grão de milho reidratado com água (MA) e silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira (MP). O material foi ensilado para o atendimento de 60% de matéria seca (MS). Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x4, com dois tratamentos e quatro períodos de abertura (30, 60, 90 e 120 dias). Foram analisadas as variáveis de pH, análises microbiológicas, ensaio de estabilidade aeróbia, análises dos teores de MS, extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), o teor de carboidratos solúveis e concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>). O pH foi mais elevado para MA em relação a MP, nos períodos de 60 (4,78 e 4,08) e 90 dias (4,33 e 3,83). Os teores de carboidratos solúveis se mantiveram maiores para MP aos 30 e 60 dias em relação a MA, havendo efeito linear crescente para MA e quadrático para MP. Para o N-NH<sub>3</sub>, no período de 30 e 60 dias, MA (valores médios de 0,91%N total e 0,68 %N total) foi superior a MA, porém aos 120 dias, o tratamento MP apresentou maior concentração (1,24 %N total). Para bactérias lácticas (BAL), houve diferença significativa para MP (8,80 log<sup>10</sup>ufc/g silagem) aos 30 dias, e houve efeito linear decrescente em MP ao longo do tempo. Para mofo houve diferença significativa para MP (4,86 log<sup>10</sup>ufc/g silagem) aos 30 dias, ambas apresentaram efeito linear decrescente. Para leveduras, MA apresentou maior quantidade de leveduras (6,75 log<sup>10</sup>ufc/g silagem) em relação a MP (4,51 log<sup>10</sup>ufc/g silagem) aos 30 dias, ambas silagens apresentaram efeito linear decrescente a partir de 60 dias. Para a composição química, a MS foi maior em MA aos 90 e 120 dias, MP apresentou comportamento quadrático. Para PB, FDA, EE, MM e FDNcp na silagem MP, houve efeito linear decrescente. A silagem MP não apresentou quebra de estabilidade até 120 horas, diferente de MA. A utilização de palma forrageira como fonte de hidratação na ensilagem de grão de milho reidratado é uma alternativa viável, tendo em vista que promove melhores resultados para perfil fermentativo e estabilidade aeróbia do que quando reidratado com água.

Palavras-chave: concentrado, proteína bruta, pH, silagem.

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the fermentative profile, chemical composition and aerobic stability of corn grain silages rehydrated with water or forage cactus. The experiment was carried out in the Forage Farming Laboratory belonging to the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Paraíba. Two treatments were used: corn grain silage rehydrated with water (MA) and corn grain silage rehydrated with forage cactus (MP). The material was ensiled to meet 60% dry matter (DM). The treatments were distributed in a completely randomized design in a 2x4 factorial scheme, with two treatments and four opening periods (30, 60, 90 and 120 days). The variables of pH, microbiological analyses, aerobic stability assay, analyzes of the contents of DM, ether extract (EE), crude protein (CP), insoluble neutral detergent fiber (NDF), the content of soluble carbohydrates and concentration of ammoniacal nitrogen (N-NH<sub>3</sub>). The pH was higher for MA in relation to MP, in the periods of 60 (4.78 and 4.08) and 90 days (4.33 and 3.83). Soluble carbohydrate contents remained higher for PM at 30 and 60 days compared to AM, with an increasing linear effect for AM and quadratic for PM. For N-NH<sub>3</sub>, in the period of 30 and 60 days, MA (mean values of 0.91% total N and 0.68 %N total) was higher than MA, however, at 120 days, the MP treatment showed a higher concentration ( 1.24%N total). For lactic acid bacteria (BAL), there was a significant difference for MP (8.80 log<sub>10</sub> cfu/g silage) at 30 days, and there was a decreasing linear effect in MP over time. For mold there was a significant difference for MP (4.86 log<sub>10</sub> cfu/g silage) at 30 days, both showed a decreasing linear effect. For yeasts, MA presented a higher amount of yeasts (6.75 log<sub>10</sub> cfu/g silage) in relation to MP (4.51 log<sub>10</sub> cfu/g silage) at 30 days, both silages showed a decreasing linear effect after 60 days. For chemical composition, MS was higher in MA at 90 and 120 days, MP showed quadratic behavior. For CP, ADF, EE, MM and NDF<sub>cp</sub> in MP silage, there was a decreasing linear effect. The MP silage did not show stability loss up to 120 hours, unlike MA. The use of forage cactus as a source of hydration in rehydrated corn grain silage is a viable alternative, considering that it promotes better results for fermentative profile and aerobic stability than when rehydrated with water.

Keywords: concentrate, crude protein, pH, silage.

## **Perfil fermentativo, estabilidade e composição química de silagens de grão de milho reidratado com palma forrageira**

### **1. INTRODUÇÃO**

A proporção dos tipos de proteínas presentes nos diferentes endospermas dos grãos de milho exercem influência na textura do grão, de modo que, as proteínas de reserva do grão, denominadas prolaminas, estão presentes em maior quantidade em grãos com endosperma vítreo do que em grãos com endosperma farináceo, valores de prolaminas acima de 10% indicam alto teor vítreo, enquanto que abaixo de 2% indicam baixa teor vítreo do grão (BICUDO et al., 2006; DOMBRINK-KURTZMAN; BIETZ, 1993; HOFFMAN e SHAVER 2020).

O milho é um importante fonte energética para os animais, e a maioria das variedades de milho cultivadas no Brasil são vítreos (PINTO e MILLEN, 2018), porém, a vitrosidade do grão tem um efeito negativo na digestibilidade do amido do grão de milho no trato digestivo animal. Isso, porque a vitrosidade do grão, confere a formação de uma matriz proteica de prolaminas que envolvem os grânulos de amido, impedindo o acesso das enzimas, sendo que as prolaminas podem estar presentes em torno de 30 a 60% da proteína total do grão de milho (SHULL et al., 1990; PHILIPPEAU et al., 2000; HOFFMAN e SHAVER, 2011; CHIQUITO-ALMANZA, 2011; HOFFMAN e SHAVER, 2020).

A ensilagem do grão de milho reidratado é uma ferramenta utilizada para elevar o valor nutritivo do grão de milho, diminuindo seu teor vítreo devido ao processo de ensilagem realizar a quebra dessa matriz proteica que reveste o amido, deixando-o disponível para a digestão. Outro ponto positivo é que o processo de ensilagem de grãos reidratados permite que o produtor programe a produção, reduzindo custos com armazenamento em silos comerciais (BENTON et al., 2005; PEREIRA et al., 2013).

Alguns trabalhos vêm sendo realizados para analisar o perfil fermentativo de silagens de grãos de milho reidratados com água e foi constatado um bom percentual fermentativo, baixas perdas de matéria seca e maior presença de bactérias ácido lácticas, os autores também determinaram boa estabilidade aeróbia e baixa proteólise (KUNG Jr, 2007; CARVALHO et al., 2017; ARCARI et al., 2016; FERRARETO et al., 2016).

Apesar desses resultados satisfatórios, alguns autores encontraram perdas fermentativas consideráveis, além de baixa estabilidade aeróbia que pode estar relacionada com a atividade de água dentro do silo (KUNG et al. 2007; REZENDE et al., 2014). Neste contexto, a utilização de aditivos que visem manter um adequado perfil fermentativo e redução de perdas, deve ser

realizada.

A palma forrageira, planta adaptada às regiões semiáridas, apresenta alto teor de umidade, podendo constituir-se importante fonte de reidratação no processo de ensilagem de grãos, por possuir menor atividade de água através da formação de um hidrocoloide denominado mucilagem, além de fornecer nutrientes como proteína, carboidratos e minerais. Estudos mostram que dentro do silo, a palma apresenta uma fermentação heterolática, suficiente para inibir o desenvolvimento de microrganismos deterioradores (TOIT et al., 2018; PEREIRA et al., 2021).

A palma forrageira utilizada como aditivo, produz alta concentração de ácido lático no silo, promovendo boa fermentação e conservação do material ensilado. Essa produção de ácido lático é devido a mucilagem formada pela palma forrageira, que é rica em carboidratos solúveis que são utilizados pelas bactérias ácido lácticas (BAL) presentes no silo, em conjunto disso, a palma forrageira possui compostos tamponantes que não permitem o consumo dos carboidratos solúveis de forma acentuada, controlando a fermentação no silo (CARVALHO et al., 2014; BASSO et al., 2014; MOKOBOKI et al., 2016).

Diante disso, objetivou-se avaliar o perfil fermentativo, composição química e estabilidade aeróbia de silagens de grão de milho reidratado com água ou palma forrageira.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Considerações locais de execução do experimento**

O experimento foi realizado no Laboratório de Forragicultura pertencente ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), inserida na microrregião do Brejo paraibano, situado pelas coordenadas geográficas 6° 58' 12" de latitude Sul, 35° 42' 15" de longitude Oeste de Greenwich e 619 m de altitude, entre os meses de outubro de 2019 e fevereiro de 2020.

### **2.2 Ensilagem e análises de qualidade da silagens de grão de milho reidratado**

Foram utilizadas duas formas de reidratação da silagem de grão de milho: Silagem de grão de milho reidratado com água (MA) e Silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira (MP), cada forma de reidratação foi submetida a quatro tempos de abertura (30, 60, 90 e 120 dias). O experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente causalizado em esquema fatorial 2x4 (duas formas de reidratação e quatro tempos de abertura) e quatro

repetições, totalizando 32 unidades experimentais.

O milho moído foi obtido em lojas comerciais, com granulometria de 3mm. Para a ensilagem do grão de milho com água, o milho foi reidratado com auxílio de um regador. A relação utilizada foi de 470ml de água para reidratar 1kg de grão de milho moído

A palma utilizada foi a da variedade Orelha de Elefante mexicana (*Opuntia spp*) com dois anos de idade. Para a ensilagem do grão de milho com palma forrageira, a relação utilizada foi de 375g de palma forrageira para 625g de grão de milho moído. A palma foi picada em forrageira estacionária (PP-35, Pinheiro máquinas, Itapira, São Paulo, Brasil) com tamanhos de partícula de aproximadamente 2,0 cm e misturada com o milho moído, para ser ensilado.

O material foi ensilado para conter 60% de matéria seca (MS) tanto para a silagem de grãos reidratados com água, como a silagem de grãos reidratados com palma forrageira. Para tanto, amostras dos cladódios de palma forrageira foram previamente colhidas para determinação da MS da planta, bem como amostras dos grãos de milho conforme AOAC (2005), protocolo 934.01.

As silagens foram feitas em 32 mini-silos experimentais de cloreto de polivinilo (PVC) medindo 10 cm de diâmetro × 30 cm de altura, feitos e selados hermeticamente. Após a determinação dos teores de MS da palma forrageira e do milho, as proporções das misturas foram determinados para atingir os níveis de MS determinado. Após a mistura, o material foi imediatamente compactado com bastões de madeira para atingir uma densidade específica de aproximadamente de 850 kg/m<sup>3</sup> em matéria fresca em cada silo experimental.

Todos os silos experimentais foram adaptados com válvula de Bunsen para eliminar os gases resultantes da fermentação. No fundo de cada silo foi adicionado 1 kg de areia seca, cuja camada foi coberta com tecido não tecido (TNT) para captação dos efluentes. Ao final desse processo, os silos foram fechados e armazenados à temperatura ambiente em local coberto, seco e ventilado até os tempos de abertura (30, 60, 90 e 120 dias após a ensilagem).

Tabela 1- Composição bromatológica do grão de milho moído e palma forrageira, com base na

<b>Composição bromatológica (g/kg MS)</b>		
	Milho moído	Palma forrageira
Matéria seca <sup>1</sup>	910,00	91,50
Proteína bruta	90,80	80,00
Extrato etereo	40,70	19,30
FDN cp <sup>2</sup>	152,10	157,80
FDAc <sup>3</sup>	14,88	78,61
Carboidratos não fibrosos	693,50	626,60
Matéria mineral	15,70	116,30

matéria seca.

<sup>1</sup>com base na matéria natural; <sup>2</sup>fibra solúvel em detergente neutro, corrigida para cinzas e proteína; <sup>3</sup>fibra solúvel em detergente ácido, corrigida para cinzas e proteína.

Tabela 2- Composição química das silagens com base na matéria seca (MS)

<b>Composição bromatológica (g/kg MS)</b>		
	MA <sup>1</sup>	MP <sup>2</sup>
Matéria seca <sup>1</sup>	608,20	602,80
Proteína bruta	90,13	90,15
Extrato etereo	80,88	50,38
FDN cp <sup>3</sup>	140,88	190,76
FDAc <sup>4</sup>	40,01	30,23
Carboidratos não fibrosos	624,00	598,00
Matéria mineral	30,74	40,22

<sup>1</sup>silagem de grão de milho reidratado com água; <sup>2</sup>silagem de grão de milho reidratado com palma; <sup>3</sup>fibra em detergente neutro, corrigida para cinzas e proteína; fibra solúvel em detergente ácido, corrigida para cinzas e proteína.

Tabela 3- Características fermentativas de silagens de grãos de milho reidratado, dia 0.

	Tratamentos	
	MA <sup>2</sup>	MP <sup>3</sup>
pH <sup>1</sup>	6,25	5,50
Carboidratos solúveis	2,75	3,04
Bactérias ácido lácticas (log <sup>10</sup> ufc/g silagem)	4,63	6,11
Mofos (log <sup>10</sup> ufc/g silagem)	4,53	4,49
Leveduras (log <sup>10</sup> ufc/g silagem)	4,36	5,24

<sup>1</sup>potencial hidrogeniônico; <sup>2</sup>silagem de grão de milho reidratado com água; <sup>3</sup>silagem de grão de milho reidratado com palma;

### **2.3 Avaliações de pH e populações microbianas**

Os valores de pH foram determinados pela coleta de uma amostra de aproximadamente 25 g do material ensilado de cada tratamento e adicionado 100 mL de água. A leitura foi realizada após uma hora, de acordo com a metodologia descrita por Bolsen et al. (1992), utilizando-se um potenciômetro. A análise de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Detmann et al. (2012).

As populações microbianas foram quantificadas antes da ensilagem, bem como nos quatro períodos de abertura do silo (30, 60, 90 e 120 dias após a ensilagem), utilizando meios de cultura seletivos para cada grupo microbiano: ágar MRS (Man, Rogosa e Sharpe), contendo 1,5 ml/l de ácido acético para LAB e ágar batata dextrose, contendo 1% de ácido tartárico a 10%, para bolores e leveduras.

A quantificação dos grupos microbianos foi realizada em amostras de 10 g das repetições de cada tratamento, às quais foram adicionados 90 ml de solução tampão fosfato esterilizada e homogeneizada por 1 min, obtendo uma diluição de 10<sup>-1</sup>. Em seguida, foram realizadas diluições sucessivas, visando obter diluições de 10<sup>-1</sup> a 10<sup>-9</sup>, o cultivo foi realizado em placas de Petri estéreis descartáveis (GONZÁLEZ e RODRÍGUEZ, 2003).

As placas foram incubadas de acordo com as temperaturas de incubação específicas para cada grupo microbiano (ÁVILA et al., 2014; SANTOS et al., 2014). Para LAB, 37°C por 48 h e para bolores e leveduras, 28°C por 72 h. Placas com valores entre 30 e 300 unidades formadoras de colônia (UFC/g de silagem) foram consideradas elegíveis para contagem.

### **2.4 Avaliação da estabilidade aeróbia**

O ensaio de estabilidade aeróbia foi avaliado por meio de monitoramento da temperatura interna das silagens expostas ao ar. As amostras de silagem foram colocadas sem compactação em silos experimentais de PVC sem tampa, após abertura, e mantidas em ambiente fechado com temperatura controlada (25°C). As temperaturas foram verificadas a cada trinta minutos por meio de termômetros (digital de imersão) posicionados no centro da massa de silagem, durante um período de 120 horas. Foi considerado o início da deterioração quando a temperatura interna das silagens atingiu 2°C acima da temperatura ambiente (KLEINSCHMIT e KUNG, 2006).

## 2.5 Análise de composição química

As amostras dos ingredientes e das silagens experimentais foram secas em estufa de ventilação de ar forçado a 55°C por 72 horas, moídas em um moinho de facas (moinho Willey, Arthur H. Thomas, PA, EUA) com uma tela de 1 mm e armazenados em recipientes de plástico para determinação de matéria seca (MS) {AOAC (1990); método 934.01}, Extrato etéreo (EE; AOAC, 2005, método número 920.39). A proteína bruta (PB) foi calculada determinando o teor de nitrogênio total usando a técnica micro-Kjeldhal {AOAC (1990); método 920.87} e usando um fator de conversão fixo (6,25). A concentração de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) foi determinada por meio da metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemist {AOAC (1990); método 973.18}, com  $\alpha$ -amilase.

O teor de Carboidratos solúveis foi determinado pelo método do ácido sulfúrico concentrado, conforme descrito por Dubois et al. (1956). As análises da concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) foram determinadas de acordo como a metodologia descrita por Detmann et al. (2012).

## 2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de significância. Quando detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. O efeito da interação entre o tratamento e período de abertura foi submetido à análise de regressão e a escolha dos modelos com base na significância dos parâmetros das equações ao nível de significância de 5%.

## 3. RESULTADOS

### *Perfil fermentativo e Populações microbianas*

Foi observado efeito de interações entre reidratação x tempo de abertura com efeito sobre o pH (MA: P<0,0001; MP: P=0,0007); capacidade tampão (MA: P<0,0001; MP: P=0,0016); concentração de N-NH<sub>3</sub> (MA: P<0,0001; MP: P<0,0001), de carboidratos solúveis (MA: P<0,0001; MP: P<0,0009), BAL (MA: P=0,0309 MP: P<0,0001), mofo (MA: P<0,0001; MP: P<0,0001) e leveduras (MA: P<0,0001; MP: P<0,0001) (Tabela 4).

Tabela 4. Características fermentativas de silagens de grãos de milho reidratado.

pH <sup>4</sup>							
reidratação	Período de abertura (dias)				EPM <sup>3</sup>	P-Valor	
	30	60	90	120		Linear	Quadrática
MA <sup>1</sup>	4,18	4,78a	4,33a	3,93	0,18	<0,0001	<0,0001 <sup>6</sup>
MP <sup>2</sup>	4,13	4,08b	3,83b	3,88		0,0007 <sup>7</sup>	0,0667
Capacidade tampão							
	Período de abertura (dias)				EPM	P-Valor	
	30	60	90	120		Linear	Quadrática
MA	0,22	0,19a	0,19	0,17	0,007	<0,0001 <sup>8</sup>	0,4497
MP	0,22	0,17b	0,18	0,16		0,0016	0,0628 <sup>9</sup>
N-NH <sub>3</sub> (%N total) <sup>5</sup>							
	Período de abertura (dias)				EPM	P-Valor	
	30	60	90	120		Linear	Quadrática
MA	0,73a	1,09a	1,02	1,19b	0,04	<0,0001 <sup>10</sup>	0,0001
MP	0,63b	0,74b	1,00	1,24a		<0,0001 <sup>11</sup>	0,0012
Carboidratos solúveis (%MS)							
	Período de abertura (dias)				EPM	P-Valor	
	30	60	90	120		Linear	Quadrática
MA	0,74b	0,98b	1,52	1,84	0,16	<0,0001 <sup>12</sup>	0,4399
MP	2,23a	1,55a	1,78	2,07		0,6163	0,0009 <sup>13</sup>
Bactérias ácido lácticas (log <sup>10</sup> ufc/g silagem)							
	Período de abertura (dias)				EPM	P-Valor	
	30	60	90	120		Linear	Quadrática
MA	5,88b	5,28	5,88	4,77	0,20	0,0309 <sup>14</sup>	0,2135
MP	8,80a	4,88	5,88	4,20		<0,0001 <sup>15</sup>	0,0017
Mofo (log <sup>10</sup> ufc/g silagem)							
	Período de abertura (dias)				EPM	P-Valor	
	30	60	90	120		Linear	Quadrática
MA	4,00b	<2,0	<2,0	<2,0	0,31	<0,0001 <sup>16</sup>	<0,0001
MP	4,86a	<2,0	<2,0	<2,0		<0,0001 <sup>17</sup>	<0,0001
Leveduras (log <sup>10</sup> ufc/g silagem)							
	Período de abertura (dias)				EPM	P-Valor	
	30	60	90	120		Linear	Quadrática
MA	6,75a	<2,0	<2,0	<2,0	0,37	<0,0001 <sup>18</sup>	<0,0001
MP	4,51b	<2,0	<2,0	<2,0		<0,0001 <sup>19</sup>	<0,0001

<sup>1</sup>silagem de grão de milho reidratado com água; <sup>2</sup>silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira; <sup>3</sup>erro padrão da média; <sup>4</sup>potencial hidrogeniônico, <sup>5</sup>nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>). Efeito da reidratação: Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; Efeito do período: sugere-se efeito linear ou quadrático ao nível de 0,05 de significância.

$$\begin{aligned}
{}^6y &= 3.355 + 1.13x - 0.25x^2; R^2 = 0.8418 \\
{}^7y &= -0.1x + 4.23; R^2 = 0.7692 \\
{}^8y &= -0.015x + 0.23; R^2 = 0.8824 \\
{}^9y &= -0.017x + 0.225; R^2 = 0.6964 \\
{}^{10}y &= 0.131x + 0.68; R^2 = 0.7317 \\
{}^{11}y &= 0.209x + 0.38; R^2 = 0.9747 \\
{}^{12}y &= 0.384x + 0.31; R^2 = 0.9799 \\
{}^{13}y &= 0.2425x^2 - 1.2375x + 3.1825; R^2 = 0.8684 \\
{}^{14}y &= -0.273x + 6.135; R^2 = 0.4328 \\
{}^{15}y &= -1.28x + 9.14; R^2 = 0.6642 \\
{}^{16}y &= -1.2x + 4; R^2 = 0.6 \\
{}^{17}y &= -1.458x + 4.86; R^2 = 0.6 \\
{}^{18}y &= -2.025x + 6.75; R^2 = 0.6 \\
{}^{19}y &= -1.353x + 4.51; R^2 = 0.6
\end{aligned}$$

O pH foi mais elevado na silagem de grão de milho reidratado com água em relação ao tratamento de grão de milho reidratado com palma forrageira nos períodos de 60 dias (médias de 4,78 e 4,33) e 90 dias (médias de 4,33 e 3,83). Na silagem MA houve comportamento quadrático de acordo com os tempos de abertura, apresentando o ponto máximo de 4,23. Para a silagem MP, houve efeito linear decrescente.

Houve efeito linear decrescente nos teores de capacidade tampão nas silagens MA e MP. A silagem MA aos 60 dias apresentou valores maiores que a silagem MP (com média de 0,194 e 0,168). Para o N-NH<sub>3</sub>, MA foi superior ao MP no período de 30 dias, com valores médios de 0,73 e 0,63%, e aos 60 dias, com valores médios de 1,09% e 0,74% respectivamente, porém aos 120 dias de fermentação o tratamento MP apresentou maior concentração de N-NH<sub>3</sub> (1,24%). Nas duas silagens, foi observado efeito linear crescente nas concentrações de N-NH<sub>3</sub>.

Para carboidratos solúveis, a silagem MP apresentou maiores valores em relação a MA aos 30 dias (média de 0,73 e 2,23) e 60 dias (média de 0,98 e 1,55); A silagem MA apresentou comportamento linear crescente enquanto que a silagem MP apresentou efeito quadrático, com ponto mínimo de 1,93

Para BAL, a silagem MP (8,80 log<sup>10</sup>ufc/g silagem), na abertura de 30 dias, apresentando maior concentração de BAL que a silagem MA (5,88 log<sup>10</sup>ufc/g silagem). Houve efeito linear decrescente nas silagens ao longo do tempo de abertura.

Para as variáveis de Mofo, na abertura de 30 dias, a silagem MP (4,86 log<sup>10</sup>ufc/g silagem) apresentou maior concentração de Mofo em relação a silagem MA (3,99 log<sup>10</sup>ufc/g silagem). Ambas silagens apresentaram efeito linear decrescente na concentração de Mofo durante os dias de abertura.

Para leveduras, a silagem MA apresentou maior quantidade de leveduras (6,75  $\log^{10}$ ufc/g silagem) em relação a silagem MP (4,51  $\log^{10}$ ufc/g silagem). Ambas silagens apresentaram efeito linear decrescente na concentração de leveduras durante os dias de abertura.

#### *Composição química*

Foi observado efeito de interação para MS (MA:  $P < 0,0001$ ; MP:  $P < 0,0001$ ); PB (MA:  $P = 0,0001$ ; MP:  $P = 0,0004$ ); EE (MA:  $P = 0,0004$ ; MP:  $P = 0,0016$ ); FDNcp (MA:  $P = 0,067$ ; MP:  $P = 0,0194$ ); FDA (MA:  $P = 0,0010$ ; MP:  $P = 0,0267$ ) e MM (MA:  $P = 0,0004$ ; MP:  $P < 0,0001$ ) entre as variáveis.

Em relação reidratação, foi observado maior teor de MS aos dias 30 e 60 dias para MP, porém para os dias 90 e 120, o maior teor de MS foi MA (Tabela 4).

O efeito de interação sobre os dias de abertura apresentou comportamento linear decrescente para EE, MM, MS da silagem MP, FDNcp na silagem MP e FDA da silagem MA.

Na interação sobre as variáveis analisadas em relação aos dias de abertura observou efeito quadrático para PB, com valor máximo de 98,38 g/kg MS na silagem MA e 97,90 g/kg MS na silagem MP, efeito quadrático de MS com ponto máximo de 606,69 g/kg MS na silagem MA e 125,82 g/kg MS como ponto mínimo para FDNcp e 18,40 g/kg MS FDA na silagem MP.

Não foi observada diferença significativa entre MA e MP nos tipos de reidratação para as variáveis de PB com valores médios de 84,12 e 87,70 g/Kg MS, FDNcp 124,82 e 190,45 g/Kg MS e FDA 23,62 e 25,15 g/Kg MS.

Para a concentração de EE, houve diferença significativa apenas no período de abertura aos 30 dias, onde o teor de EE foi maior para MA (76,1 g/kg) em relação ao MP (64,6 g/kg). Para as concentrações de FDNcp, aos 90 dias a silagem MP apresentou maior concentração que MA. Para as variáveis de MM, em todos os períodos de abertura, MP apresentou maior teor de MM (Tabela 5).

Tabela 5- Composição bromatológica de silagens de grãos de milho reidratado.

MS <sup>3</sup> (g/kg MS)							
Reidratação	Período de abertura (dias)				EPM	P-Valor	
	30	60	90	120		Linear	Quadrática
MA <sup>1</sup>	608,7b	610,6b	619,0a	593,7a	0,0360	<0,0001	<0,0001 <sup>9</sup>
MP <sup>2</sup>	665,0a	615,2a	573,1b	555,9b		<0,0001 <sup>10</sup>	<0,0001
PB <sup>4</sup> (g/kg MS)							
	Período de abertura (dias)				EPM	P-Valor	
	30	60	90	120		Linear	Quadrática
MA	99,8	97,5	97,0	69,9	0.2105	0,0001	0.0032 <sup>11</sup>
MP	97,8	105,8	97,9	76,1		0.0004	0.0013 <sup>12</sup>
EE <sup>5</sup> (g/kg MS)							
	Período de abertura (dias)				EPM	P-Valor	
	30	60	90	120		Linear	Quadrática
MA	76,1a	68,8	63,2	47,7	0,2455	0,0004 <sup>13</sup>	0,2846
MP	64,6b	60,5	52,9	43,0		0,0016 <sup>14</sup>	0,4188
FDNcp <sup>6</sup> (g/kg MS)							
	Período de abertura (dias)				EPM	P-Valor	
	30	60	90	120		Linear	Quadrática
MA	256,0	137,0	132,0b	154,0	1,3768	0,0070	0,0067 <sup>15</sup>
MP	255,0	196,0	235,0a	158,0		0,0194 <sup>16</sup>	0,6546
FDA <sup>7</sup> (g/kg-1 MS)							
	Período de abertura (dias)				EPM	P-Valor	
	30	60	90	120		Linear	Quadrática
MA	37,7	28,9	27,8	28,4	0,1575	0,0010 <sup>17</sup>	0,4429
MP	37,5	27,5	26,8	21,6		0,0267	0,0431 <sup>18</sup>
MM <sup>8</sup> (g/kg-1 MS)							
	Período de abertura (dias)				EPM	P-Valor	
	30	60	90	120		Linear	Quadrática
MA	18,1b	16,3b	16,0b	14,5b	0,0307	0.0004 <sup>19</sup>	0,7056
MP	22,4a	21,4a	19,2a	17,8a		<0.0001 <sup>20</sup>	0,7163

<sup>1</sup>silagem de grão de milho reidratado com água; <sup>2</sup>silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira; <sup>3</sup>Matéria seca; <sup>4</sup>Proteína bruta; <sup>5</sup>Extrato etéreo; <sup>6</sup>Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; <sup>7</sup>Fibra em detergente ácido; <sup>8</sup>Matéria Mineral; <sup>9</sup>erro padrão da média. Efeito da reidratação: Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; Efeito do período: sugere-se efeito linear ou quadrático ao nível de 0,05 de significância

$$^9y = -6.8x^2 + 30.34x + 583.15; R^2 = 0.7572$$

$$^{10}y = -36.94x + 694.65; R^2 = 0.9605$$

$$^{11}y = -6.2x^2 + 21.98x + 82.6; R^2 = 0.9329$$

$$^{12}y = -7.45x^2 + 29.95x + 75.4; R^2 = 0.9996$$

$$^{13}y = -9.08x + 86.65; R^2 = 0.946$$

$$^{14}y = -7.24x + 73.35; R^2 = 0.9687$$

$$^{15}y = 35.25x^2 - 207.35x + 423.75; R^2 = 0.9628$$

$$^{16}y = -25.2x + 274; R^2 = 0.5725$$

$$^{17}y = -2.9x + 37.95; R^2 = 0.6377$$

$$^{18}y = 1.2x^2 - 10.84x + 46.45; R^2 = 0.9281$$

$$^{19}y = -1.11x + 19; R^2 = 0.9409$$

$$^{20}y = -1.6x + 24.2; R^2 = 0.9816$$

Foi observada diferença significativa para a estabilidade aeróbia ( $P=0,0017$ ) (Tabela 6). A silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira não apresentou quebra de estabilidade no período de 120 horas. Porém a MA teve queda de estabilidade em 103,83 horas. Para a temperatura máxima ( $P=0,0053$ ), a silagem de grão de milho reidratado com água apresentou maior temperatura ( $27,10^{\circ}\text{C}$ ) em relação a MP ( $26,20^{\circ}\text{C}$ ). Não houve diferença estatística entre os tipos de reidratação para alcançar o pico de temperatura.

Tabela 6- Estabilidade aeróbia de silagens de grão de milho reidratado com água ou palma forrageira.

Reidratação	Média	Média	EPM <sup>3</sup>	P-value
Estabilidade aeróbia (horas) <sup>4</sup>				
MA <sup>1</sup>	103,83b	111,92	1,5320	0,0017
MP <sup>2</sup>	120,00a			
Temperatura máxima( $^{\circ}\text{C}$ )				
MA	27,10a	26,65	0,1154	0,0053
MP	26,20b			
Tempo para alcançar o pico de temperatura (horas)				
MA	98,50	96,08	5,3124	0,5550
MP	93,67			

<sup>1</sup>silagem de grão de milho reidratado com água; <sup>2</sup>silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira. <sup>4</sup>Tempo necessário (horas) para as silagens apresentarem quebra da estabilidade aeróbia (temperatura acima de  $2^{\circ}\text{C}$  em relação à temperatura ambiente). Médias seguidas de letras diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; <sup>3</sup>erro padrão da média.

#### 4. DISCUSSÃO

A diminuição do pH da silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira nas aberturas de 30 e 60 dias, pode ser explicada pelo elevado teor de carboidratos solúveis da MP (ABIDI et al., 2013). Além de uma fonte de reidratação para a silagem de grãos de milho, a palma produz a mucilagem, que possui uma menor atividade de água, essa menor atividade inibe o crescimento de bactérias indesejáveis, como enterobactérias, influenciando em menor pH. Neste trabalho as silagens apresentaram valores de pH entre 3,7 e 4,2, o que mostra que as

silagens foram bem preservadas, não havendo problemas fermentativos (STEFANIE et al., 2000; MCDONALD et al., 1991).

A palma forrageira como fonte de hidratação foi eficaz preservando os teores de carboidratos solúveis, onde promoveu menores perdas de carboidratos solúveis na silagem e manteve o pH adequado, indicando boa fermentação. A palma forrageira possui compostos tamponantes, esses que evitam uma queda rápida do pH, fazendo com que o consumo de carboidratos solúveis seja de forma gradativa e não acentuado (CARVALHO et al., 2014; BASSO et al., 2014).

Quanto ao N-NH<sub>3</sub>, foi observado o seu aumento de acordo com os dias de fermentação para ambas as silagens, onde a silagem de grão de milho reidratado com palma, obteve maior valor de N-NH<sub>3</sub>, semelhantes aos encontrados por Carvalho et al. (2017). O aumento gradativo de amônia nos tempos de fermentação pode estar relacionado à quebra da matriz proteica ao redor dos grânulos de amido durante a ensilagem (Hoffman et al., 2011), fator esse que pode ser observado de acordo com o teor proteico antes da ensilagem (Tabela 2) e o teor de proteína aos 120 dias (Tabela 5).

Os valores para capacidade tampão consiste na capacidade da massa ensilada resistir às variações de pH (MCDONALD, 1991), podendo indicar a proteólise causada pelo processo de ensilagem, já que sua proporção é promovida por aminoácidos residuais (EVANGELISTA et al., 2009). O maior valor da capacidade tampão na silagem MA aos 60 dias está relacionada com os maiores valores de pH neste mesmo período, indicando maior proteólise nessa silagem, assim como maior resistência da massa ensilada para a redução do pH.

A predominância de bactérias ácido lácticas (BAL) na silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira, principalmente no início de fermentação, indica os benefícios desta utilização. O elevado teor de carboidratos solúveis da palma influenciou positivamente a predominância por BAL, tendo em vista que elas utilizam esse substrato como fonte de energia para produzir ácido láctico, responsável por boa fermentação (Carvalho et al., 2014).

O pH das silagens também corroborou para esses resultados, tendo em vista que o pH em uma faixa de 4,0 está relacionado com a maior fermentação de bactérias ácido lácticas (MCDONALD et al., 1991). Silva et al. (2019), trabalhando com silagens de grão de milho reidratado com água, encontrou valores de pH próximos aos encontrados neste trabalho entre 4,0 e 4,2.

Apesar das silagens conterem mofo e leveduras no período inicial de fermentação, os resultados mostraram que as silagens obtiveram fermentação adequada (Tabela 4). Essa quantidade inicial é inerente aos próprios microrganismos presentes na forragem no campo. A

concentração de bactérias heteroláticas ao produzirem ácidos como acético, evitam a proliferação de leveduras e mofos pois possuem ação antifúngica, evitando microrganismos indesejáveis com o passar do tempo de fermentação (MUCK e KUNG, 1997).

Carvalho et al. (2017), trabalhando com silagem de grão de milho reidratado, também observaram leveduras abaixo do nível de detecção ( $<2,0$  log de ufc/g), porém para mofos, encontrou valores superiores a este trabalho, mostrando que as presentes silagens foram preservadas.

A baixa detecção de mofos tem grande importância para a nutrição de ruminantes. Os fungos do gênero *Fusarium*, comuns na cultura do milho, são os principais produtores de micotoxinas que ao serem ingeridos pelos animais em doses elevadas, causam náuseas, vômitos e diarreia e está relacionado com queda nos índices reprodutivos, o consumo em maiores quantidades dessas micotoxinas, quando associada a outras de outros fungos também passíveis de estarem presentes na silagem de milho, pode ocasionar mortalidades embrionárias em ruminantes (DÄNICKE, WINKLER, 2015).

Apesar do menor teor de MS no tratamento MP durante os períodos 90 e 120 dias de abertura, não foi constatado grandes perdas, indicando que as silagens apresentaram boa fermentação. Vale salientar, que a silagem de grão de milho reidratado não é um alimento volumoso, sendo incluído como concentrado na dieta total dos animais.

O teor de EE foi em maior quantidade na silagem MA aos 30 dias, pelo fator do maior teor desse nutriente nessa silagem, onde apresentava uma considerável diferença na concentração de EE entre as duas silagens antes da fermentação (Tabela 1). De acordo com o NRC (2001), o limite máximo de EE em dietas para ruminantes não deve exceder 7% da dieta total, com os valores observados neste trabalho, não há riscos de diminuição da fermentação ruminal com a utilização de silagens de grãos reidratados.

Os valores de FDNcp são importantes, pois estão relacionados com a capacidade animal de digerir o alimento. Os valores de FDNcp obtidos neste estudo para ambas as silagens se encontraram dentro dos intervalos relatados por Mokoboki et al., (2016), os maiores valores de FDNcp aos 90 dias pode corroborar com a concentração de FDNcp dessa silagem, que foi superior. Já os valores de FDA se encontram abaixo dos relatados. O maior valor de FDNcp em MP, assim como o conteúdo de FDA das silagens estão relacionados com a composição bromatológica das silagens utilizadas (Tabela 1).

A palma forrageira é rica em minerais, como cálcio e fósforo, possuindo alto teor de MM (FÉLIX et al., 2016), isto influenciou na composição bromatológica da silagem MP, obtendo maiores valores de MM em todas as aberturas da MP em comparação a MA.

A maior estabilidade aeróbia, assim como menor temperatura, encontrada no MP podem estar relacionadas com a menor contagem de leveduras e maior número de BAL, que inicialmente foi predominante no tratamento MP. Em um estudo sobre a comunidade microbiana presente na palma forrageira, Pereira et al. (2020) observaram a presença de bactérias com perfil homofermentativo e heterofermentativo, sendo os principais isolados: *Lactobacillus plantarum*, *Weissella cibaria*, *Weissella confusa* e *Weissella paramesenteroides*.

Esses dados mostram a importância da silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira para o produtor, indicando maior tempo de permanência da silagem no campo em condições aeróbias sem aumento de temperatura. Sua utilização em regiões áridas onde há escassez de água se torna vantajosa tendo em vista o alto teor de água a palma possui.

A não diferença estatística no tempo para alcançar o pico de temperatura, confirma o fato de que a silagem reidratada com palma forrageira impede que o aumento da temperatura seja causado pelo crescimento de leveduras e bactérias, pois durante o período médio de 96,08 horas entre as silagens, a silagem MP se manteve constante, enquanto que a silagem reidratada com água teve menor tempo de estabilidade aeróbia.

A interação entre microrganismos presentes na silagem, carboidratos solúveis e pH, são fatores que influenciam diretamente a estabilidade aeróbia (JOBIM et al., 2007). Bactérias com metabolismo homofermentativo acidificaram o meio rapidamente, provavelmente devido a maior disponibilidade de substratos presente na palma forrageira, enquanto as bactérias de metabolismo heterofermentativo converteram o ácido lático em ácido acético, resultando em maior disponibilidade desse ácido. A utilização das bactérias com dois perfis fermentativos, promoveu maior concentração de ácido acético, que possui características antifúngicas, controlando a temperatura do silo e promovendo maior estabilidade aeróbia (BASSO et al., 2014).

Outro fator importante é que a palma forrageira possui a presença de substâncias tamponantes, como a presença do ácido oxálico, málico, cítrico e malônico, resultantes do metabolismo ácido crassuláceo, esses ácidos promovem a queda do pH de maneira mais lenta, evitando o consumo de carboidratos solúveis em maior quantidade (tabela 4) e capazes de exercer uma ação antifúngica, garantindo alta estabilidade aeróbia (STINTZING e CARLE, 2005).

Desta forma, a silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira promoveu melhores resultados sobre as características fermentativas da silagem: pH constante e dentro dos padrões, N-NH<sub>3</sub> pouco superior indicando a quebra da matriz proteica, maior teor de carboidratos solúveis servindo de substrato para BAL, maior concentração de BAL no início da

fermentação, seguido de sua predominância e menor concentração de leveduras. Na composição química, apresentou melhores teores de FDNcp e MM. Na estabilidade aeróbia, obteve mais estabilidade e menor temperatura. A utilização da palma forrageira como aditivo para reidratação do milho pode ser utilizado como alternativa a utilização de água, não interferindo negativamente na qualidade da silagem.

## **5. CONCLUSÃO**

A utilização de palma forrageira como fonte de reidratação na ensilagem de grão de milho reidratado é uma alternativa viável, tendo em vista que promove melhores resultados para perfil fermentativo e estabilidade aeróbia do que quando comparada a hidratação do grão de milho com água. Recomenda-se a abertura do silo a partir de 60 dias de fermentação.

A igualdade entre os tratamentos em relação a composição química indica que a palma não promove perdas nutricionais na silagem de grão de milho reidratado.

## 5. REFERENCIAL TEÓRICO

Abidi, S., Ben Salem, H., Nefzaoui, A., Vasta, V. and Priolo, A. Silage Composed of *Opuntia ficus-indica* f. *inermis* Cladodes, Olive Cake and Wheat Bran as Alternative Feed for Barbarine Lamb. **Acta Horticulture**, v.995, p.297-302, 2013.

Arcari, M. A., Martins, C. M. D. M. R., Tomazi, T., & dos Santos, M. V. Effect of the ensiling time of hydrated ground corn on silage composition and in situ starch degradability. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 53, n. 1, p. 60-71, 2016.

AOAC. CUNIFF, Pe. **Official methods of analysis of AOAC International**. AOAC International, 1997.

Ávila CLS, Carvalho BF, Pinto JC, Duarte WF and Schwan RF The use of *Lactobacillus* species as starter cultures for enhancing the quality of sugar cane silage. **Journal of Dairy Science** v.97, p.940–951. 2014.

Basso, F. C., Adesogan, A. T., Lara, E. C., Rabelo, C. H. S., Berchielli, T. T., Teixeira, I. A. M. A., Siqueira, G. R., Reis, R. A. Effects of feeding corn silage inoculated with microbial additives on the ruminal fermentation, microbial protein yield, and growth performance of lambs. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 12, p. 5640-5650, 2014.

Benton, J. R.; Klopfenstein, T. J. Erickson, G.R. 2005. Effects of corn moisture and length of ensiling on dry matter digestibility and rumen degradable protein. **Nebraska Beef Cattle Reports**, Nebraska, v. 151, p. 31-33, 2005.

Bolsen KK, Lin C, Brent CR, Feyerherm AM, Urban JE, Aimutis WR. 1992. Effects of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science** 75: 3066–3083.

Carvalho, B. F., Ávila, C. L. S., Bernardes, T. F., Pereira, M. N., Santos, C., & Schwan, R. F. Fermentation profile and identification of lactic acid bacteria and yeasts of rehydrated corn kernel silage. **Journal of applied microbiology**, v. 122, n. 3, p. 589-600, 2017.

Carvalho, B. F.; Ávila, C. L .S.; Pinto, J. C.; Neri, J.; Schwan, R. F. Microbiological and chemical profile of sugar cane silage fermentation inoculated with wild strains of lactic acid bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, 195, 1-13. 2014.

Chiquito-Almanza, E., Cobielles-Castrejón, G., Montes-García, N., Pecina-Quintero, V., & Anaya-López, J. L. Elizabeth et al. Kafirinas, proteínas clave para conferir digestibilidad y calidad proteica al grano de sorgo. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 2, n. 2, p. 235-248, 2011.

da Silva, N. C., Nascimento, C. F., Campos, V. M., Alves, M. A., Resende, F. D., Daniel, J. L., & Siqueira, G. R. Influence of storage length and inoculation with *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of high-moisture corn and rehydrated corn grain silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 251, p. 124-133, 2019.

Detmann E, Souza MA, Valadares Filho SC, Queiroz AD, Berchielli TT, Saliba EOS, Cabral LS, Pina DS, Ladeira MM and Azevedo JA (2012) **Métodos para análise de alimentos** – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema.

Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smitch F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Biochemistry** 28: 350–356. 1956.

Evangelista, A. R., Siqueira, G. R., Lima, J. A. D., Lopes, J., Rezende, A. V. D. Alterações bromatológicas e fermentativas durante o armazenamento de silagens de cana-de-açúcar com e sem milho desintegrado com palha e sabugo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 20-26, 2009.

Felix, S. C. R., Pessoa, R. A. S., De Andrade Ferreira, M., Soares, L. F. P., De Lima Silva, J., De Abreu, K. S. F., De Melo, A. C. C. Performance, and carcass characteristics of lambs fed spineless cactus replacing wheat bran. **Tropical Animal Health and Production**, v. 48, n. 2, p. 465-468, 2016.

González G and Rodríguez AA Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability and forage intake of tropical grasses ensiled in round bales. **Journal of Dairy Science** n.86, p.926–933. 2003.

Gusha, J.; Katsande, S.; Zvinorova, P. I.; Ncube, S. The nutritional composition and acceptability of cacti (*Opuntia ficus indica*)-legume mixed silage. **Online Journal of Animal and Feed Research**, 3, 2, 116-120, 2013.

Hoffman, P. C., Esser, N. M., Shaver, R. D., Coblenz, W. K., Scott, M. P., Bodnar, A. L., ... & Charley, R. C. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of dairy science**, v. 94, n. 5, p. 2465-2474, 2011.

Hoffman, P. C.; Shaver, R. D. A guide to understanding prolamin. Disponível em <<http://litchlab.tripod.com/docs/ProlaminProteins.pdf>>. Acesso em 24 abril. 2020.

Jobim, C. C., Nussio, L. G., Reis, R. A., Schmidt, P. Presença de microrganismos na silagem de grãos úmidos de milho ensilado com diferentes proporções de casca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, n. 2, p.101-119, 2007.

Kleinschmit, D.H., Kung L. Jr. The effects of *Lactobacillus buchneri* 40788 and *Pediococcus pentosaceus* R1094 on the fermentation of corn silage. **Journal of Dairy Science**. 89, 3999–4004. 2006.

Kung Jr, L., Schmidt, R. J., Ebling, T. E., & Hu, W. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of ground and whole high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 5, p. 2309-2314, 2007.

McDonald P, Henderson AR, Heron SJE (eds). **The biochemistry of silage** (2nd edn). Marlow Bottom: Chalcombe Publications. 1991.

McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 340p.

Mokoboki, K., Sebola, N., & Matlabe, G. Effects of molasses levels and growing conditions on nutritive value and fermentation quality of *Opuntia cladodes* silage. **Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 28, n. 3, p. 4488-4495, 2016.

Muck, R. E., and L. Kung, Jr. 1997. Effect of silage additives on ensiling. Pages 187-210 in Proc. Silage: Field to Feedbunk. North American Conference. Hershey, PA. NRAES-99. **Northeast Regional Agricultural Engineering Service**. Ithaca, NY.

National Research Council. NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7. ed. Washington: National Academy Press, 2001. 362p.

Pereira, G. A., Santos, E. M., Araújo, G. G. L., Oliveira, J. S., Pinho, R. M. A., Zanine, A. D. M., ... & Nascimento, T. V. C. Isolation and identification of lactic acid bacteria in fresh plants

and in silage from *Opuntia* and their effects on the fermentation and aerobic stability of silage. **The Journal of Agricultural Science**, v. 157, n. 9-10, p. 684-692, 2019.

Pereira, G. A., Santos, E. M., de Oliveira, J. S., de Araújo, G. G. L., de Sá Paulino, R., Perazzo, A. F., ... & Leite, G. M. Intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, and microbial protein synthesis in sheep fed spineless-cactus silage and fresh spineless cactus. **Small Ruminant Research**, v. 194, p. 106293, 2021.

Pereira, M. N.; Pereira, R. A. N.; LOPES, N. M. Silagem de milho reidratado. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013, 4p., (Circular Técnica, 187).

Philippeau, C., Landry, J., & Michalet-Doreau, B Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 3, p. 404-408, 2000.

Playne, M., P. McDonald. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of Science of Food and Agriculture**, 17, 264-268. 1966.

Ranjit, N, Kung, L., The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of Dairy Science**. 84, 1149-1155. 2001.

Rezende, A. V., Rabelo, C. H., Veiga, R. M., Andrade, L. P., Härter, C. J., Rabelo, F. H., ... & Reis, R. A Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 213-221, 2014.

Santos EM, Pereira OG, Garcia R, Ferreira CLLF, Oliveira JS and Silva TC Effect of regrowth interval and a microbial inoculant on the fermentation profile and dry matter recovery of guinea grass silages. **Journal of Dairy Science** n.97, p.4423–4432. 2014.

Shull, J. M., Chandrashekar, A., Kirleis, A. W., & Ejeta, G. Development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) endosperm in varieties of varying hardness. **Food Structure**, v. 9, n. 3, p. 8, 1990.

Elferink, S. J. W. H. O., Driehuis, F., Gottschal, J. C., & Spoelstra, S. F. Silage fermentation processes and their manipulation. **FAO Plant Production and Protection Papers**, p. 17-30, 2000.

Toit, A.D., Wit, M., Hugo, A. 2018. Cultivar and harvest month influence the nutrient content of *Opuntia* spp. cactus pear cladode mucilage extracts. **Molecules**. 23, 916.

Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition **Journal of dairy science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

Dänicke S, Winkler J. Diagnosis of zearalenone (ZEN) exposure of farm animals and transfer of its residues into edible tissues (carry over). **Food Chem Toxicol**, v.84, 24 p.225-249, 2015.

### **Capítulo III**

---

#### **Silagem de grão de milho reidratado na alimentação de cordeiros em confinamento**

## RESUMO

Objetivou-se avaliar o desempenho produtivo, digestibilidade dos nutrientes e aspectos nutricionais de cordeiros em confinamento alimentados com silagens de grão de milho reidratado com água e com palma forrageira. Trinta cordeiros machos, não castrados, sem padrão racial definido e com peso médio inicial de  $22 \pm 4,29$  kg foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e dez repetições. Os tratamentos consistiram do uso de diferentes formas de milho na dieta: milho grão seco moído - MM (Controle); silagem de grão de milho reidratado com água (MA); e silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira (MP). A comparação de médias foi realizada por meio do Teste de Tukey, considerando 5% de probabilidade. As variáveis analisadas foram: Consumo e digestibilidade de nutrientes; Desempenho animal; Balanço de nitrogênio; Parâmetros ruminais e metabólitos plasmáticos. Não houve diferença significativa entre os consumos de matéria seca - MS com médias de 29,05g/Kg e 844,99 g/dia matéria orgânica - MO (799g/dia); proteína bruta - PB (140,86g/dia); extrato etéreo - EE (33,17g/dia); carboidratos totais - CHOT (665,00g/dia) e nutrientes digestíveis totais - NDT (557,08g/dia). Houve diferença significativa superior no consumo de NDT % na dieta MA em relação a MP, havendo diferença na digestibilidade de MS, MO e de CHOT. Foi observado maior ganho de peso total, maior ganho de peso diário e melhor eficiência alimentar para os animais alimentados com dietas contendo silagem de grão de milho reidratado. Os animais alimentados com a dieta MP obtiveram maior glicose plasmática. A adoção da silagem de grão de milho reidratado se torna uma ferramenta nutricional para elevar o valor nutritivo do grão de milho para cordeiros e melhorar o desempenho animal. A palma forrageira pode ser uma fonte de reidratação para a silagem de grãos, tendo em vista que ainda possui características nutricionais desejáveis para a nutrição animal.

Palavras-chave: concentrado, conservação de forragens, desempenho animal.

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the productive performance, nutrient digestibility and nutritional aspects of feedlot lambs fed with corn grain silages rehydrated with water and forage cactus. Thirty male lambs, not castrated, with no defined racial pattern and with an average initial weight of  $22 \pm 4.29$  kg were distributed in a completely randomized design with three treatments and ten replications. The treatments consisted of the use of different forms of corn in the diet: dry ground corn grain - MM (Control); corn grain silage rehydrated with water (MA); and rehydrated corn grain silage with forage cactus (MP). Means were compared using the Tukey test, considering a 5% probability. The variables analyzed were: Nutrient intake and digestibility; Animal performance; Nitrogen balance; Ruminal parameters and plasma metabolites. There was no significant difference between dry matter intake - DM with averages of 29.05g/Kg and 844.99 g/day organic matter - OM (799g/day); crude protein - CP (140.86g/day); ether extract - EE (33.17g/day); total carbohydrates - CHOt (665.00g/day) and total digestible nutrients - TDN (557.08g/day). There was a significant difference for DM, MO and CHOT digestibility. Higher total weight gain, higher daily weight gain and better feed efficiency were observed for animals fed diets containing rehydrated corn grain silage. Animals fed the MP diet had higher plasma glucose. The adoption of rehydrated corn grain silage becomes a nutritional tool to increase the nutritional value of corn grain for lambs and improve animal performance. Forage cactus can be a source of rehydration for grain silage, given that it still has desirable nutritional characteristics for animal nutrition.

Keywords: concentrate, forage conservation, animal performance.

## SILAGEM DE GRÃO DE MILHO REIDRATADO NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS EM CONFINAMENTO

### 1. INTRODUÇÃO

O milho é o concentrado energético mais utilizado como ingrediente em rações para ruminantes no mundo (LOY D. D., e LUNDY, E. L. 2019). Porém, alguns fatores físicos e químicos influenciam no seu aproveitamento pelo trato digestório dos animais. Partículas grandes influenciam negativamente na digestibilidade do amido do grão, assim como seu teor de vitriosidade, que pode diminuir a degradação do amido pelas bactérias ruminais (PHILIPPEAU et al., 2000; HOFFMAN e SHAVER, 2009; BERNARDES e DO RÊGO, 2014). Apesar de existirem cultivares com baixo teor vítreo, o mercado brasileiro possui em sua maioria, cultivares vítreos (CORREA et al., 2002).

Nos grãos de milho, as prolaminas são responsáveis por formar a vitreosidade, que é caracterizada por uma matriz proteica que envolve os grânulos de amido (J. ANDERSON e LAMSAL, 2011). Quanto maior o grau de vitreosidade do grão, há redução na digestibilidade do amido no trato digestivo (FERREIRA et al., 2020).

A adoção da silagem de grão de milho reidratado com água se torna uma ferramenta nutricional para elevar o valor nutritivo do grão de milho, diminuindo seu teor vítreo, além de permitir que o produtor reduza custos com armazenamento em silos comerciais (Benton et al., 2005; Pereira et al., 2013). Através do processo de reidratação e ensilagem do grão, o processo permite a quebra da matriz proteica que reveste o amido, formada pelas proteínas responsáveis pela vitriosidade do grão, aumentando a disponibilidade do amido (ANDERSON e LAMSAL, 2011; HOFFMAN et al., 2011).

O processo de reidratação, normalmente, consiste em adicionar água ao grão de milho seco moído, e após alcançar a umidade desejada, o material deve ser ensilado em condições anaeróbicas (PEREIRA 2013; CARVALHO et al., 2017; MOMBACH et al., 2019). Apesar de resultados satisfatórios, Rezende et al. (2014) observaram que silagens de grão de milho reidratado com água apresentaram problemas fermentativos, apresentando baixa estabilidade aeróbia após abertura do silo. Kung et al. (2007) também observaram baixa estabilidade aeróbia de silagens de grão de milho reidratado, aditivadas com enzimas amilolíticas. A adição de aditivos que visem melhorar as características fermentativas dessas silagens deve ser realizada, podendo promover melhoria no processo fermentativo e com isso a qualidade dessas silagens.

A palma forrageira, por apresentar alto teor de umidade, pode ser uma fonte de reidratação para a silagem de grãos, tendo em vista que ainda possui características nutricionais desejáveis

para a nutrição animal (COSTA et al., 2017). Estudos mostram que através da formação de um hidrocoloide denominado mucilagem, a palma forrageira além de fornecer nutrientes, desencadeia uma fermentação heterolática, suficiente para inibir o desenvolvimento de microrganismos deterioradores no silo (MOKOBOKI et al., 2016; TOIT et al., 2018; PEREIRA et al., 2021).

A palma forrageira ainda possui compostos tamponantes, estes que evitam uma queda rápida do pH, fazendo com que o consumo de carboidratos solúveis seja de forma gradativa e não acentuada (CARVALHO et al., 2014; BASSO et al., 2014) melhorando o perfil fermentativo da silagem.

Trabalhos avaliando a adição de aditivos em silagens de grão de milho reidratado, assim como a utilização dessas silagens na alimentação de pequenos ruminantes são escassos na literatura. Diante disto, objetivou-se avaliar o desempenho animal e os parâmetros fisiológicos de cordeiros confinados alimentados com silagens de grão de milho reidratado com água e com palma forrageira.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local e período experimental**

O experimento foi realizado em uma fazenda, situada no município de São José dos Cordeiros (Latitude: 07° 38' 88" S; Longitude: 36° 79' 13"). O município faz parte da microrregião do Cariri Ocidental e possui clima Semiárido. O galpão experimental era formado por baias individuais (3,75 m<sup>2</sup>), com piso de areia, divisórias de madeira e cobertura de telhas de alvenaria. O período experimental ocorreu entre dezembro de 2020 e fevereiro de 2021 e teve duração de 60 dias, sendo 15 dias de adaptação às dietas e instalações e 45 dias de coleta de dados. Os animais permaneceram em sistema intensivo, dispostos em baias onde receberam a dieta total.

### **2.2 Animais, dietas e manejo**

O uso de animais na experimentação foi aprovado no conselho de ética e uso de animais da Universidade Federal da Paraíba N° 8681210920, 21/09/2020. Foram utilizados 30 cordeiros machos, não castrados, sem padrão racial definido e com peso corporal inicial de  $22 \pm 4,29$  kg com idade média de 5 meses. Os animais foram medicados contra endo e ectoparasitas e vacinados contra clostridioses.

Os animais foram avaliados em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e dez repetições, totalizando 30 animais para o ensaio. Os tratamentos foram constituídos por diferentes formas de milho da dieta: milho grão seco moído - MM (Controle); silagem de grão de milho reidratado com água (MA) e silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira (MP). Os demais componentes da dieta eram compostos por silagem de sorgo, farelo de soja, ureia, cloreto de amônio e núcleo mineral. As dietas foram formuladas segundo o NRC (2007) para cordeiros com peso médio de 22 kg e ganho média diário de 200 g/animal/dia (Tabela 1 e 2).

O material foi ensilado para conter 60% de matéria seca (MS) tanto para a silagem de grãos reidratados com água, como a silagem de grãos reidratados com palma forrageira. Para tanto, amostras dos cladódios de palma forrageira foram previamente colhidas para determinação da MS da planta, bem como amostras dos grãos de milho conforme AOAC (2005), protocolo 934.01.

O milho moído utilizado nos três tratamentos procedia do mesmo lote comercial, com granulometria de 3mm. Para a ensilagem do grão de milho com água, o milho foi reidratado com auxílio de um regador. A relação utilizada foi de 470ml de água para reidratar um quilograma de grão de milho moído.

A palma forrageira utilizada foi a da variedade Orelha de Elefante mexicana (*Opuntia spp*) com 2 anos de idade. Para a ensilagem do grão de milho com palma forrageira, a relação utilizada foi de 375g de palma forrageira para 625g de grão de milho moído. A palma foi picada em forrageira estacionária (PP-35, Pinheiro máquinas, Itapira, São Paulo, Brasil) com tamanhos de partícula de aproximadamente 2,0 cm e misturada com o milho moído, para ser ensilado.

As silagens foram homogeneizadas e acondicionadas em sacos plásticos com capacidade de 100kg, o material foi compactado para atingir uma densidade específica de aproximadamente 850 kg/m<sup>3</sup>, ao final desse processo, os silos foram fechados e armazenados à temperatura ambiente em local coberto, seco e ventilado até o tempo de abertura que foi aos 60 dias.

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 08h00 e 16h00, em proporções iguais. As sobras foram colhidas e pesadas diariamente para calcular ingestão e depois reajustadas para garantir 10% de sobras, simulando a alimentação *ad libitum*.

O experimento teve duração de 60 dias, sendo 15 dias de período pré experimental para a padronização do lote e adaptação dos animais com as dietas e 60 dias de período experimental.

Tabela 1- Composição químico-bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais com base na matéria seca

Composição, g/kg	Alimentos					
	Silagem de sorgo	Milho moído	Farelo de soja	Palma forrageira	Milho reidratado com água	Milho reidratado com palma
MS <sup>1</sup>	248,0	910,0	905,0	91,5	610,0	610,0
MM <sup>2</sup>	59,5	15,7	64,8	116,3	15,3	20,4
MO <sup>3</sup>	940,5	984,3	935,2	883,7	984,7	979,6
PB <sup>4</sup>	50,0	98,0	424,0	80,0	90,0	90,0
EE <sup>5</sup>	33,9	40,7	17,1	19,3	39,0	38,0
FDNcp <sup>6</sup>	585,0	152,1	112,2	157,8	83,0	157,0
FDACP <sup>7</sup>	355,0	14,9	82,1	78,6	15,2	11,8
CNF <sup>8</sup>	271,6	693,5	38,19	626,6	772,7	694,6
CHOT <sup>9</sup>	856,6	845,6	49,41	784,4	855,7	851,6

<sup>1</sup>Matéria seca, com base na matéria natural; <sup>2</sup>Matéria mineral; <sup>3</sup>Matéria orgânica; <sup>4</sup>Proteína bruta; <sup>5</sup>Extrato etéreo; <sup>6</sup>Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; <sup>7</sup>Fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteína; <sup>8</sup>Carboidratos não fibrosos; <sup>9</sup>Carboidratos totais.

Tabela 2- Proporção dos ingredientes e composição das dietas experimentais com base na matéria seca (MS).

Ingredientes (g/kg)	Dietas		
	MM <sup>1</sup>	MA <sup>2</sup>	MP <sup>3</sup>
Silagem de sorgo	387,24	386,70	403,16
Milho seco moído	434,08	0,00	0,00
Silagem de milho reidratado com água	0,00	433,63	0,00
Silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira	0,00	0,00	453,63
Farelo de soja	115,26	115,16	112,17
Palma forrageira	32,53	32,48	0,00
Ureia	4,85	6,13	5,81
Cloreto de amônio	11,74	11,69	11,36
Núcleo mineral <sup>4</sup>	14,29	14,20	13,88
Nutrientes (g/kg)			
Matéria Seca <sup>5</sup>	391,81	359,14	396,15
Proteína Bruta	124,26	124,25	124,39
Carboidratos não fibrosos	401,13	430,43	403,42
FDNcp <sup>6</sup>	264,73	239,16	266,52
Extrato Etéreo	32,77	32,81	30,72
Matéria Mineral	61,04	61,94	61,12

<sup>1</sup>milho grão seco moído; <sup>2</sup>silagem de grão de milho reidratado com água; <sup>3</sup>silagem de grão de milho reidratado com palma. <sup>4</sup>composição do núcleo mineral: cálcio (mín.) 110,00 g/kg Cálcio (máx.) 135,00 g/kg, Fósforo 87,00 g/kg, Enxofre 8,00g/kg, Sódio 147,00 g/kg, Cobalto 15,00mg/kg, Cobre 590,00mg/kg, Cromo 20,00mg/kg, Iodo 50,00mg/kg, Manganês 2.000,00mg/kg, Molibdênio 300,00mg/kg, Selênio 20,00 mg/kg, Zinco 3.800,00mg/kg, Flúor (máx.) 870,00 mg/kg. <sup>5</sup>com base na matéria natural; <sup>6</sup>fibra solúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.

### 2.3 Coleta de dados e análises laboratoriais

Semanalmente foram realizadas coletas dos alimentos e das sobras dos animais para determinação do consumo de matéria seca e nutrientes. Foram realizadas também, coletas de fezes, alimentos e sobras para determinação da digestibilidade dos nutrientes das dietas. Para determinação da digestibilidade, foram coletadas amostras de alimentos e sobras no dia 45, 46, 47, 48 e 49° dia do período experimental. A coleta de fezes na ampola retal foi realizada no 46°(6h00 e 14h00), 47°(8h00 e 16h00), 48°(10h00 e 18h00), e 49° dia (12h00 e 20h00) do período experimental. As amostras de alimentos, sobras e fezes foram congeladas a -15°C para posteriores análises de composição químico-bromatológica, excreção fecal e para a determinação da digestibilidade dos nutrientes.

Amostras de dietas, sobras e fezes foram pré-secas, moídas em peneira com porosidade de 1 mm para determinação da composição químico-bromatológica e 2 mm para determinação da fibra em detergente neutro indigestível (FDNi). Foram utilizados os métodos propostos pela Associação de Official Analytical Chemists-AOAC (1997) para determinação das concentrações de matéria seca (MS; método 934,01), proteína bruta (CP; método 954,01), extrato etéreo (EE; método 920.39), matéria mineral (método 942.05) e lignina (método 973.18). A metodologia de Van Soest et al. (1991) foi usado para determinar os níveis de fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), usando um analisador de fibra ANKOM 200 (ANKOM Technology Corporation, Fairport, NY, EUA).

Os conteúdos de FDN e FDA foram corrigidos para cinzas e proteína (FDN<sub>cp</sub> e FDA<sub>cp</sub>) segundo Licitra et al. (1996) e Mertens (2002). A quantidade de matéria fecal excretada usada para determinar a digestibilidade aparente do alimento e os nutrientes digestíveis totais (NDT), foram estimados pela concentração de FDNi obtido após a incubação *in situ* dos alimentos, sobras e fezes durante um período de 240 horas em um bovino fistulado (CASALLI et al. 2008).

O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) para as dietas foi estimado empregando-se a fórmula descrita por Hall et al. (2000),  $CNF = 100 - MM - EE - FDN - (PB - PBU + U)$ , em que PBU = teor de proteína oriunda da ureia; U = teor de ureia na dieta. O valor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi determinado através da equação proposta por Weiss (1999):  $Consumo\ de\ NDT = (consumo\ de\ PB - PB\ das\ sobras) + 2,25 \times (Consumo\ de\ EE - EE\ das\ sobras) + (Consumo\ de\ FDN - FDN\ nas\ fezes) + (consumo\ de\ CNF - CNF\ nas\ fezes)$ ;  $NDT = (consumo\ de\ NDT / Consumo\ de\ MS)$ .

Amostras de sangue foram coletadas às 12:00 horas, aproximadamente quatro horas após a oferta da ração matinal no 50º dia do período experimental. O sangue foi coletado em Tubos a vácuo de 7 mL por punção venosa jugular após desinfecção com álcool iodado. Após a coleta, as amostras foram imediatamente centrifugadas a 2500 rpm por 15 min (Centrífuga Fanem Ltda Baby I, Mod. 206. Av. General Ataliba Leonel 1790, São Paulo, SP, Brasil.) e o sobrenadante foi separado em um tubo Eppendorf de 1,50 mL que foi em seguida, armazenado a -20°C para posteriores análises de glicose e ureia através do analisador bioquímico (Thermo Scientific Genesys 10S Vis. EUA) com um fotômetro de comprimento de onda múltiplo. Os testes foram realizados com kits comerciais (Labtest).

Foi realizado coleta spot de urina no 17º dia do período experimental, quatro horas após o fornecimento da ração pela manhã, durante a micção espontânea, usando bolsas coletoras (bolsas de colostomia adaptadas de 65 mm) que foram fixadas aos animais. Após a micção, a amostra de cada animal foi filtrada e alíquotas de 10 mL foram imediatamente diluídas em 40

mL de ácido sulfúrico 0,036 N (Valadares et al. 1999) e congeladas para análise posterior.

#### **2.4 Determinação dos parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio**

As amostras de líquido ruminal foram coletadas quatro horas após o fornecimento da ração pela manhã no 59º dia do período experimental, utilizando uma sonda esofágica. As amostras foram filtradas com gaze e colocadas em dois tubos Eppendorf de 1,5 mL para análises de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) e pH. As amostras de líquido ruminal foram centrifugadas em um tubo Eppendorf a 12.000 rpm por 10 min (Centrífuga Fanem Ltda Baby I, Mod. 206. Av. General Ataliba Leonel 1790, São Paulo, SP, Brasil.) e o sobrenadante foi então transferido para um novo tubo Eppendorf para análise de amônia. O pH do líquido ruminal foi medido imediatamente após a coleta usando um medidor de pH digital (Handylab 1 - SCHOTT). As concentrações de nitrogênio amoniacal foram determinadas pelo método colorimétrico desenvolvido por Chaney e Marbach (1962).

O balanço de nitrogênio (BN) foi determinado pela fórmula (SOUZA et al., 2018):

$$\text{BN} = (\text{N Fornevido} - \text{N Sobras}) - (\text{N Fezes} + \text{N Urina}).$$

#### **2.5 Avaliação do desempenho animal**

Os animais foram pesados semanalmente, para o acompanhamento do status nutricional. No 1º dia (peso corporal inicial) e no 60º dia (peso corporal final) do período experimental, os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 16 horas, antes da realização da pesagem dos animais. O ganho em peso foi avaliado por meio da diferença entre o peso final e inicial e a sua relação com o número de dias do confinamento.

A determinação da eficiência alimentar foi calculada dividindo-se o ganho médio diário de cada cordeiro pelo consumo médio de MS das diferentes dietas.

Os dados dos consumos de matéria seca e demais nutrientes foram obtidos pela média dos registros dos alimentos oferecidos e sobras e da coleta de amostras das dietas e sobras, realizadas durante todo o período experimental.

#### **2.6 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância e analisados por intermédio do procedimento MIXED do SAS, versão 9.3 (SAS Inst. Inc., Cary, NC). A comparação de médias

foi realizada por meio do Teste de Tukey, considerando 5% de probabilidade ajustando-se ao modelo estatístico abaixo:

$$X_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Onde:

$X_{ij}$  = consumo e digestibilidade de nutrientes, desempenho, balanço de nitrogênio, parâmetros ruminais e sanguíneos;

$\mu$  = média geral comum a todas as observações;

$T_i$  = efeito da dieta (MM; MA e MP);

$e_{ij}$  = erro residual aleatório.

### 3. RESULTADOS

Não houve diferença significativa entre os consumos de matéria seca e dos nutrientes entre os animais alimentados com milho moído ou com silagens de grão de milho reidratado, com valores médios no consumo de matéria seca por peso vivo de 3,00%; consumo de MS g/dia de 844,99 g/dia; consumo de MO de 799g/dia, consumo de PB de 140,86g/dia, consumo de EE de 33,17g/dia; consumo de FDN de 252,58g/dia, consumo de CNF de 449,17g/dia, consumo de CHOt de 665,00g/dia; e consumo de NDT de 557,08g/dia (Tabela 3). . Em relação ao NDT%, a dieta com silagens de grão de milho reidratado com água proporcionou maior digestibilidade que a dieta contendo o milho moído (P=0,0204).

Tabela 3- Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes de cordeiros alimentados com dietas contendo silagens de grão de milho reidratado.

Variáveis	Dietas experimentais			EPM <sup>12</sup>	P-Valor <sup>13</sup>
	MM	MA	MP		
CMSPV% <sup>1</sup>	3,02	2,99	3,01	0,11	0,6445
Consumo					
MS <sup>3</sup>	851,85	839,00	844,12	25,15	0,9582
MO <sup>4</sup>	793,12	780,00	799,89	21,75	0,8721
MM <sup>5</sup>	138,35	141,90	128,41	6,52	0,3639
PB <sup>6</sup>	139,77	148,61	134,20	7,02	0,4280
EE <sup>7</sup>	31,81	36,08	31,62	1,58	0,3313
FDN <sup>8</sup>	238,84	272,30	246,60	11,82	0,5106
CNF <sup>9</sup>	440,00	493,00	414,50	21,79	0,2533
CHOt <sup>10</sup>	650,00	693,00	652,00	24,22	0,6092
NDT <sup>11</sup>	522,22	581,00	568,03	24,60	0,5400
NDT (%)	63,30b	71,00a	69,40ab	1,43	0,0204
Digestibilidade, g/kg de MS					
MS	592,27b	639,77ab	668,32a	1,33	0,0148
MO	600,42b	680,40a	692,79a	1,36	0,0032
PB	644,86	671,81	728,99	1,68	0,0905
EE	720,82b	811,11a	765,59ab	1,56	0,0331
FDN	189,39	357,12	371,42	3,73	0,1512
CNF	865,25	891,79	921,34	1,03	0,1433
CHOT	617,61b	692,48a	702,44a	1,34	0,0027

(MM: dieta com milho grão moído; MA: dieta com silagem de grão de milho reidratado com água; MP: dieta com silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira).<sup>1</sup> Consumo de Matéria seca por peso vivo; <sup>3</sup>Matéria seca; <sup>4</sup>Matéria orgânica; <sup>5</sup>Proteína bruta; <sup>6</sup>Extrato etéreo; <sup>7</sup>Fibra em detergente neutro com amilase termolábil corrigida para cinzas; <sup>8</sup>Carboidratos não fibrosos; <sup>9</sup>Carboidratos totais; <sup>10</sup>Carboidratos totais; <sup>11</sup>Nutrientes digestíveis totais; <sup>12</sup>Erro padrão da média; <sup>13</sup> Probabilidade; a e b diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Houve diferença significativa para digestibilidade de MS (P=0,0148), em que a dieta com silagens de grão de milho reidratado com palma obteve maior digestibilidade que a dieta contendo o milho moído (Tabela 3).

As dietas contendo milho moído tiveram menor digestibilidade da MO (P=0,0032) e de CHOT (P=0,0027) do que as dietas contendo silagens de grão de milho reidratado com água e

palma. Em relação ao EE, a dieta com silagens de grão de milho reidratado com água proporcionou maior digestibilidade que a dieta contendo o milho moído ( $P=0,0331$ ).

Não houve diferença significativa para peso corporal inicial ( $P=0,7405$ ) e peso corporal final ( $P=0,3051$ ), com valores médios de 22,22kg e 30,29kg, respectivamente (Tabela 4). Porém foi observado maior ganho de peso total (33,74% maior), maior ganho de peso diário (33,86% maior) e melhor eficiência alimentar (32,76% maior) para os animais alimentados com dietas contendo grão de milho moído quando comparados aos animais consumindo silagens de grão de milho reidratado, seja com água ou com palma forrageira.

Tabela 4- Desempenho de cordeiros alimentados com silagem de grão de milho reidratado.

Variáveis	Dietas experimentais			EPM <sup>1</sup>	P-Valor <sup>2</sup>
	MM	MA	MP		
Peso inicial (kg)	22,82	22,22	21,62	0,63	0,7405
Peso final (kg)	28,85	31,61	30,42	0,73	0,3051
Ganho de peso total (kg)	6,03b	9,39a	8,81a	0,41	0,0004
Ganho de peso diário (g)	133,91b	209,00a	195,69a	6,76	0,0004
Eficiência alimentar	0,106b	0,163a	0,153a	7,01	0,0006

(MM: dieta com milho grão moído; MA: dieta com silagem de grão de milho reidratado com água; MP: dieta com silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira). <sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup> Probabilidade; a e b diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Não houve diferença significativa em nenhum dos parâmetros de balanço de nitrogênio dos animais alimentados com dietas contendo milho moído ou silagens de grão de milho reidratado (Tabela 5), com valores médios para excreção urinária de 0,43g/dia, excreção fecal de 2,40g/dia, N ingerido de 22,90g/dia, N retido de 20,04g/dia e N absorvido de 20,50g/dia.

Tabela 5- Balanço de nitrogênio de cordeiros alimentados com dietas contendo silagens de grão de milho reidratado.

Variáveis	Dietas experimentais			EPM <sup>1</sup>	P-Valor <sup>2</sup>
	MM	MA	MP		
Excreção urinária de N (g/dia)	0,54	0,39	0,45	0,04	0,3798
Excreção fecal de N (g/dia)	2,35	2,55	2,30	0,05	0,1651
N ingerido (g/dia)	22,21	25,38	21,12	1,28	0,2003
N absorvido (g/dia)	19,86	22,83	18,82	1,28	0,2485
N retido (g/dia)	19,32	22,44	18,37	1,28	0,2241

(MM: dieta com milho grão moído; MA: dieta com silagem de grão de milho reidratado com água; MP: dieta com silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira).<sup>1</sup>Erro padrão da média; <sup>2</sup>

Não foi observado diferenças significativas entre os animais submetidos as diferentes dietas para N-NH<sub>3</sub>, pH ruminal e N-uréico com valores médios de 7,37mM, 6,57 e 20,94mg/dL respectivamente (Tabela 6). Houve diferença estatística para glicose plasmática, em que os animais alimentados com dietas contendo silagem de grão de milho reidratado com palma, apresentaram maior concentração de glicose sanguínea (P=0,0177) do que os animais alimentados com dietas contendo milho moído.

Tabela 6 - Parâmetros ruminais e metabólitos plasmáticos alimentados silagens de grão de milho reidratado.

Variáveis	Dietas experimentais			EPM <sup>2</sup>	P-Valor <sup>3</sup>
	MM	MA	MP		
N-NH <sub>3</sub> (mM)	7,37	7,05	7,70	0,23	0,2991
pH ruminal	6,65	6,70	6,35	0,10	0,2524
Glicose plasmática, mg/dL	37,00b	38,67ab	46,67a	2,17	0,0177
N-ureico plasmático, mg/dL	21,17	20,33	21,33	0,67	0,8237

Concentração de nitrogênio amoniacal; milho seco moído; Erro padrão da média<sup>2</sup>; <sup>3</sup>Probabilidade; a e b diferem entre si (P < 0,05) pelo teste de Tukey; (MM: dieta com milho grão moído; MA: dieta com silagem de grão de milho reidratado com água; MP: dieta com silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira).

#### 4. DISCUSSÃO

A ausência de efeito no consumo de MS e nutrientes (MO, MM, PB, EE, FDN, CNF, CHOt e NDT) dos animais consumindo grão de milho seco moído e reidratados com água, pode ser explicada pela semelhança na composição das dietas experimentais (Tabela 2). As dietas foram confeccionadas para conter a mesma quantidade de milho e semelhantes composições químico-bromatológicas. Considerando que a regulação do consumo voluntário pode ser modulada de acordo com a densidade energética ou o teor de fibra da dieta (NRC, 2000), observou-se que esses fatores não tiveram influência sobre os animais (Tabela 3), pois todas as dietas proporcionaram semelhantes consumos de FDN.

Os valores para consumo de matéria seca e proteína bruta estão dentro dos valores preconizados pelo NRC, porém o consumo de NDT foi menor nas dietas observadas, podendo explicar o menor ganho de peso observado nos animais alimentados com dietas contendo apenas milho moído.

A maior digestibilidade da MO, CHOT e consumo de NDT% nas dietas contendo milho reidratado com água e/ou palma pode indicar que a silagem de grãos reidratados promoveu redução da vitreosidade do grão de milho. Arcari et al. (2016) e Trínáctý et al. (2016) observaram que menores taxas de vitreosidade tornam os grãos mais acessíveis para as bactérias ruminais e melhoram o aproveitamento pelo animal.

Neste mesmo sentido, a maior digestibilidade da MS para os animais alimentados com silagem de grão reidratado com palma forrageira em relação aos animais alimentados com milho moído, foi reflexo de uma melhor fermentação do milho no silo com a utilização da palma forrageira do que com água. Trabalhos (CARVALHO et al., 2014; BASSO et al., 2014; DÄNICKE S, e WINKLER J., 2015; CARVALHO et al., 2017) mostram que o uso da palma forrageira como fonte de reidratação, promoveu melhores resultados no perfil fermentativo das silagens, preservando os carboidratos solúveis do grão de milho, além de garantir menores perdas de MS e diminuir a proliferação de fungos e leveduras que são responsáveis pelo menor desempenho produtivo dos animais além de deterioração da silagem.

Observou-se no capítulo anterior, que a utilização de palma forrageira como fonte de hidratação na ensilagem de grão de milho reidratado, promoveu melhores resultados para perfil fermentativo e menores perdas de carboidratos solúveis, pH adequado, predominância por bactérias ácido lácticas (BAL) e maior estabilidade aeróbia, assim como menor temperatura do que quando se utilizou água na reidratação do milho.

Outro ponto positivo na utilização da palma forrageira como fonte de reidratação é que

essa forragem se caracteriza como uma planta adaptada às condições climáticas do semiárido, apresentando também bons índices produtivos e alto teor de água (em torno de 88%), e, ainda, diferente da reidratação com água, fornece nutrientes que são incrementados na dieta (BISPO, et al., 2007; COSTA, et al., 2017).

A maior digestibilidade de extrato etéreo nos animais alimentados com silagem de milho reidratado com água (811,11g/kg de MS) em relação aos animais alimentados com milho moído, ocorreu em função do maior teor de EE na dieta MA (Tabela 2).

Os animais alimentados com silagens de grão de milho reidratado seja com água ou palma forrageira, tiveram ganho de peso total superior em relação aos animais consumindo milho grão moído (Tabela 4). Esses resultados podem ser atribuídos ao maior consumo de NDT% nas dietas contendo silagens de grão de milho reidrato, acompanhado de uma maior digestibilidade dos nutrientes (MO e CHOT) devido ao menor teor de vitrosidade do grão de milho ensilado. Da mesma forma que houve maior eficiência alimentar para os animais alimentados com essas dietas.

Foi observado em nosso estudo, uma tendência para a digestibilidade da proteína bruta ( $P=0,0905$ ) dos animais alimentados com dietas contendo silagens de grão de milho reidratado seja com água ou palma forrageira. Essa maior digestibilidade também pode ter contribuído para melhores resultados no desempenho desses animais, tendo em vista que uma boa digestibilidade de proteína bruta e conseqüentemente maior teor de proteína degradada no rúmen, fornece fonte de nitrogênio para a síntese de proteína microbiana, resultando em maior ganho de peso (PUTRI et al., 2021).

Como mencionado anteriormente, o processo de ensilagem de grãos aumenta a quebra da matriz proteica que envolve o amido do grão, que permite um aumento na disponibilidade de amido. Portanto, dietas à base de grãos ensilados apresentam maior área exposta à ação enzimática por microrganismos ruminais comparados com dietas à base de grãos secos (SILVA et al., 2020), o que justificaria a maior disponibilidade de energia para o metabolismo animal, repercutindo em maior ganho de peso dos animais alimentados com dietas contendo grãos reidratados.

Os ganhos de peso médio diário foram adequados nos tratamentos com silagens de grão de milho reidratado, o menor ganho de peso nos animais do tratamento controle pode estar associado a menor digestibilidade de alguns nutrientes associada a uma menor eficiência alimentar apresentada por esses animais.

Devido ao processo de ensilagem realizar a quebra da matriz proteica que reveste o amido, pode haver alterações no balanço de nitrogênio para animais alimentados com dietas

contendo silagens de grão de milho reidratado (HOFFMAN et al., 2011). Apesar de não ter sido observada diferença entre o balanço de nitrogênio, os valores obtidos indicam que os animais estavam em constante metabolismo de compostos nitrogenados, já que eram animais em fase de crescimento e a necessidade proteica é influenciada pela idade (INRA, 2018).

Tendo em vista que o fluxo que o nitrogênio da urina é advindo da proteína degradada no rúmen pelo metabolismo bacteriano enquanto que o fluxo de nitrogênio fecal é advindo da proteína não degradada no rúmen indigestível, a ausência de significância das dietas sobre a excreção de N urinário e fecal, demonstra que não houve efeito da reidratação do milho sobre as proporções de proteína degradada no rúmen e proteína não degradada no rúmen (PACHECO e WAGHORN, 2008).

Vale ressaltar que a utilização das dietas MA e MP não alteraram o metabolismo ruminal, pois o pH ao longo do dia permaneceu dentro da faixa ideal, que é em torno de 5,5 a 7, considerado ideal para a fermentação adequada e formação de ácidos graxos de cadeia curta (VALADARES e PINA, 2011).

O fato das dietas não apresentarem efeito sobre o pH ruminal e N-NH<sub>3</sub> está de acordo com a ausência de efeito para a digestibilidade de CNF entre as dietas (Tabela 6). A diminuição nos parâmetros de pH ruminal e N-NH<sub>3</sub> estão relacionados com fermentação ruminal excessiva e baixa disponibilidade de substrato para a produção de proteína microbiana. (ARAÚJO et al., 2006; DIJKSTRA et al., 2012). No mesmo sentido, quando a taxa de degradação de proteínas excede a fermentação de carboidratos, uma grande quantidade de compostos nitrogenados pode ser eliminada pela urina (Van Soest 1994 ). Esses fatores indicam que as dietas em questão possuíam adequado teor de proteína e carboidratos.

As concentrações plasmáticas de uréia representam o metabolismo animal e indicam o seu estado nutricional. Valores muito altos podem indicar desperdício de nitrogênio e gasto de energia, assim como valores baixos podem indicar deficiência de N no dieta (ALVES et al., 2014). Uma alta concentração de uréia no plasma indica o excesso de amônia no rúmen que passa para a corrente sanguínea, sendo convertida em uréia pelo fígado. Os valores encontrados neste trabalho (20,33 a 21,33 mg/dL), estão dentro do intervalo de referência para animais saudáveis (15,62 mg/dL a 42,05 mg/dL) (WITTEWER, 2012), assim como estão dentro dos valores reportados por Evan et al. (2020), trabalhando com diferentes concentrados para cordeiros.

Ruiz-Albarrán et al. (2016) relata que valores ótimos de ureia plasmática indicam que a dieta foi eficiente na sincronia entre proteína e energia, possuindo também um alto teor de proteína digestível no rúmen (RUIZ-ALBARRÁN et al., 2016).

A digestão do amido está relacionada com o aumento na absorção da glicose e aumento de teor energético da dieta (ALLEN, 2000). A maior concentração de glicose plasmática na dieta MP (46,67 mg/dL) em relação a dieta MA (37 mg/dL) indica a maior disponibilidade de amido disponível na dieta MP, demonstrando que a silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira foi eficiente para melhorar a digestão dos nutrientes da dieta.

Koenig et al. (2003) estimam que em bovinos de corte até 99,5% do amido é digerido no trato total, no metabolismo ruminal esses carboidratos são convertidos em ácidos graxos de cadeia curta, como o propionato, que é precursor da glicose (SMITH, 2006). A glicose é a principal fonte energética utilizada pelos ruminantes, neste sentido é possível afirmar que a hidratação da silagem de grão de milho com palma forrageira influencia em maior produção de propionato no rúmen, aumentando o aporte de glicose disponível para o metabolismo animal.

Desta forma, a utilização de silagens de grão de milho reidratado foram mais eficientes no consumo de NDT%, na digestibilidade de nutrientes (MS; MO; EE e CHOT), desempenho animal (ganho de peso total; ganho de peso diário e eficiência alimentar) e metabólitos plasmáticos (glicose plasmática) do que uma dieta convencional com milho moído. A utilização da palma forrageira como aditivo para reidratação do milho pode ser utilizada como alternativa a utilização de água, não interferindo negativamente no desempenho animal.

A utilização da palma forrageira como fonte de aditivo umectante da silagem de grão de milho pode ser uma alternativa interessante em regiões onde há deficiência hídrica, já que o cladódio possui alto percentual de água em sua composição.

## **5. CONCLUSÃO**

O uso de milho reidratado com água ou palma forrageira proporciona melhor desempenho de cordeiros em confinamento quando comparado a inclusão de milho seco moído na dieta.

## 6. REFERENCIAL TEÓRICO

Allen, M. S. Effects of Diet on Short-Term Regulation of Feed Intake by Lactating Dairy Cattle. **Journal Of Dairy Science**. v. 83,n. 7, p. 1598–1624, 2000.

Alves, E. M., Magalhães, D. R., Freitas, M. A., Santos, E. D. J. D., Pereira, M. L. A., & Pedreira, M. D. S. Nitrogen metabolism and microbial synthesis in sheep fed diets containing slow release urea to replace the conventional urea. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 36, n. 1, p. 55-62, 2014.

Anderson, T. J., e Lamsal, B. P. Zein extraction from corn, corn products, and coproducts and modifications for various applications: a review. **Cereal Chemistry**, v. 88, n. 2, p. 159-173, 2011.

AOAC. Cuniff, Pe. **Official methods of analysis of AOAC International**. AOAC International, 1997.

AOAC. CUNIFF, Pe. **Official methods of analysis of AOAC International**. AOAC International, 1997.

Araújo, J.S., Perez, J.R.O., Paiva, P.C.A., Peixoto, E.C.T.M., Braga, G.C., Oliveira, V. Valle, L.C.D. Efeito da monensina sódica no consumo de alimentos e pH. **Archives of Veterinary Science**, v. 11, n. 1, p. 39-43, 2006.

Arcari, M. A., Martins, C. M. D. M. R., Tomazi, T., & Dos Santos, M. V. Effect of the ensiling time of hydrated ground corn on silage composition and in situ starch degradability. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 53, n. 1, p. 60-71, 2016.

Basso, F. C., Adesogan, A. T., Lara, E. C., Rabelo, C. H. S., Berchielli, T. T., Teixeira, I. A. M. A., Siqueira, G. R., Reis, R. A. Effects of feeding corn silage inoculated with microbial additives on the ruminal fermentation, microbial protein yield, and growth performance of lambs. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 12, p. 5640-5650, 2014.

Benton, J. R.; Klopfenstein, T. J. Erickson, G.R. 2005. Effects of corn moisture and length of ensiling on dry matter digestibility and rumen degradable protein. **Nebraska Beef Cattle**

**Reports**, Nebraska, v. 151, p. 31-33, 2005.

Bernardes, T. F., & Do Rêgo, A. C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**, 97(3), 1852-1861. doi: 10.3168/jds.2013-7181.2014

Bispo, s. V., Ferreira, m. D. A., Vêras, a. S. C., Batista, a. M. V., Pessoa, r. A. S., & bleuel, m. P Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1902-1909, 2007.

Carvalho, B. F., Ávila, C. L. S., Bernardes, T. F., Pereira, M. N., Santos, C., & Schwan, R. F. Fermentation profile and identification of lactic acid bacteria and yeasts of rehydrated corn kernel silage. **Journal of applied microbiology**, v. 122, n. 3, p. 589-600, 2017.

Carvalho, B. F.; Ávila, C. L .S.; Pinto, J. C.; Neri, J.; Schwan, R. F. Microbiological and chemical profile of sugar cane silage fermentation inoculated with wild strains of lactic acid bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, 195, 1-13. 2014.

Casalli, A.O., Detmann, E., Valadares Filho, S.C., Pereira, J.C., Henriques, L.T., Freitas, S.G., Paulino, M.F., 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37, 335–342.

Costa, R. G., Almeida, M. D., Cruz, G. R. B., Beltrão Filho, E. M., Ribeiro, N. L., Madruga, M. S., & Queiroga, R. D. C. R. The fatty acid profile of fat depots from Santa Inês sheep fed spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2017.

Dänicke S, Winkler J. Diagnosis of zearalenone (ZEN) exposure of farm animals and transfer of its residues into edible tissues (carry over). **Food Chem Toxicol**, v.84, 24 p.225-249, 2015.

de Evan, T., Cabezas, A., de la Fuente, J., & Carro, M. D. Feeding agroindustrial byproducts to light lambs: influence on growth performance, diet digestibility, nitrogen balance, ruminal fermentation, and plasma metabolites. **Animals**, v. 10, n. 4, p. 600, 2020.

Dijkstra, J., Ellis, J. L., Kebreab, E., Strathe, A. B., López, S., France, J., Bannink, A. Ruminant pH regulation and nutritional consequences of low pH. **Animal Feed Science and Technology**, v. 172, n. 1-2, p. 22-33, 2012.

ERWIN, E.S.; MARCO, G.J.; EMERY, E.M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v.44, n.9, p.1768-1771, 1961.

Ferreira F. A, Chizzotti ML, Zamudio GDR, Estrada MM, Pacheco MVC, Silva BC, Valadares-Filho SC, Rodrigues RTS. Beef quality of Nellore steers fed corn or sorghum grain offered dry or rehydrated and ensiled. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**; 33(2). 2020.

HALL, M.B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates**. Nutritional relevance and 439 analysis. Gainesville: University of Florida, 2000. 76p.

Hoffman, P. C., Esser, N. M., Shaver, R. D., Coblenz, W. K., Scott, M. P., Bodnar, A. L., ... e Charley, R. C Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 5, p. 2465-2474, 2011.

KOENIG, K. M.; BEAUCHEMIN, K. A.; RODE, L. M. Effect of grain processing and silage on microbial protein synthesis and nutrient digestibility in beef cattle fed barley-based diets. **Journal of animal science**, v. 81, n. 4, p. 1057-1067, 2003.

Kung Jr, L., Schmidt, R. J., Ebling, T. E., & Hu, W. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of ground and whole high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 5, p. 2309-2314, 2007.

Licitra, G., Hernandez, T.M., Van Soest, P.J., Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds, **Animal Feed Science and Technology**, 57, 347–358. 1996.

Loy, D. D., & Lundy, E. L. Nutritional properties and feeding value of corn and its coproducts. In: **Corn**. AACC International Press, p. 633-659, 2019.

Mertens, D.R. Análise de fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: Simpósio Internacional de Ruminantes. **Anais...** SBZ-ESAL, 188, MG, 1992.

National Research Council - NRC. **Nutrient requirement of beef cattle**. 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC, 2000.

Noziere, P., Sauvant, D., e DELABY, L. **INRA feeding system for ruminants**. Wageningen Academic Publishers, 2018.

Pacheco, D.; Waghorn, G. C. Dietary nitrogen-definitions, digestion, excretion and consequences of excess for grazing ruminants. In: **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**. p. 107-116.2008.

Pereira, M. N. Dureza do grão de milho: um tópico brasileiro. In: III Simpósio Internacional em Formulação de Dietas para Gado Leiteiro. **Anais...** Universidade Federal de Lavras. p.2-11, 2013

Pereira, M. N.; Pereira, R. A. N.; LOPES, N. M. Silagem de milho reidratado. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013, 4p., (Circular Técnica, 187).

Philippeau, C., Landry, J., & Michalet-Doreau, B Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 3, p. 404-408, 2000.

Putri, E. M., Zain, M., Warly, L., e Hermon, H. Effects of rumen-degradable-to-undegradable protein ratio in ruminant diet on in vitro digestibility, rumen fermentation, and microbial protein synthesis. **Veterinary World**, v. 14, n. 3, p. 640, 2021.

Rezende, A. V., Rabelo, C. H., Veiga, R. M., Andrade, L. P., Härter, C. J., Rabelo, F. H., ... & Reis, R. A Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 213-221, 2014.

Ruiz-Albarran, M., Balocchi, O., Wittwer, F., & Pulido, R. Milk production, grazing behavior and nutritional status of dairy cows grazing two herbage allowances during winter. **Chilean journal of agricultural research**, v. 76, n. 1, p. 34-39, 2016.

Silva, B. D. C., Pacheco, M. V. C., Godoi, L. A., Alhadas, H. M., Pereira, J. M. V., Renno, L. N., ... & Valadares Filho, S. D. C. Reconstituted and ensiled corn or sorghum grain: Impacts on dietary nitrogen fractions, intake, and digestion sites in young Nellore bulls. **Plos one**, v. 15, n.

8, p. e0237381, 2020.

SMITH B. P. **Medicina Interna de Grandes Animais**. 3ed. Barueri: Editora Manole, 2006.

Souza, C. M., Oliveira, R. L., Voltolini, T. V., Menezes, D. R., dos Santos, N. J. A., Barbosa, A. M., ... e Bezerra, L. R. Lambs fed cassava silage with added tamarind residue: Silage quality, intake, digestibility, nitrogen balance, growth performance and carcass quality. **Animal Feed Science and Technology**, v. 235, p. 50-59, 2018.

Třináctý, J., Nedělník, J., Lang, J., Loučka, R., & Kučera, J. Effect of maize kernel endosperm type and maturity stage on ruminal in situ degradability and post-ruminal in vitro dry matter and starch digestibility. **Czech Journal of Animal Science**, v. 61, n. 8, p. 351-359, 2016.

Valadares, F,S, C.; Pina, D, S. Fermentação Ruminal. In: Berchielli, Telma, T; Pires, Alexandre, V; Oliveira, Simone, G. **Nutrição de Ruminantes**. Ed Jaboticabal, Funep, 2011, p.161 a 189. 616 p

Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of dairy science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, Peter J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell university press, 1994.

Weiss, W., Energy prediction equations for ruminant feeds. **Proceedings**. Cornell nutrition conference feed manufactures, Ithaca. 1999.

Wittwer, F. 2012. **Manual de patología clínica veterinaria**. 2a ed. 200 p. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.